เทคโนโลยี VoIP : กรณีศึกษาเครือข่ายสารสนเทศเพื่อพัฒนาการศึกษาทบวงมหาวิทยาลัย

VoIP Technology : An Application on Information Technology Network for Educational Development, Ministry of University Affair.

โดย

นาง สุวรรณี ละออปักษิณ

รหัสนักศึกษา 40067222

วัน เดือน ปี 26 ก.พ. 2550

เลขทะเบียน 02667

เลขเรียกหนังสือ วพ. ส875ท 2541

"ห้องสมุดคณะเทคโนโลยีสารสนเทศ สจล."

อาจารย์ที่ปรึกษา

อาจารย์ สุรสิทธิ์ วรรณไกรโรจน์

รายงานฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของวิชาโครงการศึกษากรณีพิเศษ

หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ

ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2541

คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

H002667

This material is reserved for educational use. Not allowed for commercial use.

ชื่อหัวข้อ เทคโนโลยี VoIP : กรณีศึกษาเครือข่ายสารสนเทศเพื่อพัฒนาการศึกษา ทบวงมหาวิทยาลัย

ชื่อนักศึกษา นาง สุวรรณี ละออปักษิณ

อาจารย์ที่ปรึกษา อาจารย์ สุรสิทธิ์ วรรณไกรโรจน์

ระดับการศึกษา วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีสารสนเทศ

แขนงวิชา การจัดการเทคโนโลยีสารสนเทศ

ปีการศึกษา 2541

บทคัดย่อ

การศึกษาโครงกานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาเทคโนโลยี VoIP และการนำไปใช้ แนวทางการศึกษาประกอบด้วยการทบทวนแนวคิดเกี่ยวกับเทคโนโลยี VoIP และวิเคราะห์การประยุกต์เทคโนโลยี VoIP บนเครือข่ายสารสนเทศเพื่อพัฒนาการศึกษา ทบวงมหาวิทยาลัย ในแง่ความเป็นไปได้ทั้งเชิงเทคนิควิธีการ และผลตอบแทนการลงทุน

ผลการศึกษาพบว่าเครือข่ายสารสนเทศเพื่อพัฒนาการศึกษา ทบวงมหาวิทยาลัย มีศักยภาพเพียงพอที่จะสนับสนุนการประยุกต์เทคโนโลยี VoIP บนเครือข่ายหากใช้พารามิเตอร์คือจำนวนแบนด์วิดท์ , ค่าหน่วงเวลา และเปอร์เซนต์แพ็กเก็ตสูญหายในการส่งข้อมูล ผลตอบแทนการลงทุนวิเคราะห์โดยการคิดส่วนลดค่าของเงินใช้เวลา 6 ปี

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

The Title	VoIP : An Application on Information Technology Network for Educational Development , Ministry of University Affair.
Student	Mrs. Suwannee Laoopugsin
Adviser	Ajarn Surasith Wannakraroj
Level of Study	Master of Science in Information Technology
Major	Information Technology Management
AcademicYear	1998

ABSTRACT

The purpose of the study is to investigate VoIP technology and its application. The study include reviewing the concept of the technology and determining how to apply the it on information technology network for educational development , ministry of university affair. The study concentrate on technique and return on investment.

Using the bandwidth available , delay time and percent of packet loss as parameters , the result of the study suggested that the information technology network for educational development , ministry of university affair has enough capacity to support the VoIP technology. Return on Investment by using discounted technique is 6 years.

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

กิตติกรรมประกาศ

รายงานโครงการศึกษากรณีพิเศษฉบับนี้สำเร็จลงได้ด้วยความดูแลเอาใจใส่และให้คำแนะนำอย่างสม่ำเสมอจากท่านอาจารย์ สุรสิทธ์ วรรณไกรโรจน์ ซึ่งนักศึกษาต้องกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง ขอขอบคุณทีมวิศวกรของบริษัทซิสโก้ ซิสเต็มส์ ประเทศไทยจำกัดที่ได้ให้คำแนะนำด้วยดีเกี่ยวกับแนวทางการประยุกต์เทคโนโลยี VoIP ในเชิงเทคนิควิธีการ , เจ้าหน้าที่ฝ่ายต่างๆ ของสำนักเทคโนโลยีสารสนเทศเพื่อพัฒนาการศึกษา ทบวงมหาวิทยาลัย โดยเฉพาะคุณทวีที่ได้กรุณาสละเวลาอธิบายรายละเอียดโครงการสารสนเทศเพื่อพัฒนาการศึกษา ทบวงมหาวิทยาลัยจนทำให้นักศึกษามีความเข้าใจอย่างเพียงพอเกี่ยวกับโครงการฯ นอกจากนี้นักศึกษาต้องขอบคุณเจ้าหน้าที่ของคณะเทคโนโลยีสารสนเทศ สถาบันเทคโนโลยีเจ้าคุณทหารลาดกระบังทุกท่านที่ได้ทำหน้าที่ประสานงานการเรียนต่างๆระหว่างนักศึกษากับสถาบันฯอย่างเข้มแข็ง

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV-V
สารบัญตาราง	VI
สารบัญภาพ	VII
เนื้อหา	
-บทที่ 1 : ความเป็นมา	1
วัตถุประสงค์ แผนดำเนินการศึกษา	
ขอบเขตการศึกษา ขั้นตอนการศึกษา	4
ประโยชน์ที่ได้รับ	5
-บทที่ 2 : โครงการเครือข่ายสารสนเทศเพื่อพัฒนาการศึกษา	
ทบวงมหาวิทยาลัย	6
-บทที่ 3 : เทคโนโลยี VoIP	23
-บทที่ 4 : แนวทางการประยุกต์แอพพลิเคชั่น VoIP บน	
เครือข่ายสารสนเทศเพื่อการศึกษา ทบวงมหาวิทยาลัย	42
-บทที่ 5 : วิเคราะห์ความเหมาะสมในการประยุกต์	
เทคโนโลยี VoIP Network ในเครือข่ายสารสนเทศ	
เพื่อพัฒนาการศึกษา ทบวงมหาวิทยาลัย	54
-บทที่ 6 : สรุปผลการศึกษาความเป็นไปได้ในการประยุกต์	
เทคโนโลยี VoIP บนเครือข่ายสารสนเทศ	
เพื่อพัฒนาการศึกษา ทบวงมหาวิทยาลัย	63
บรรณานุกรม	65
ภาคผนวก	
1. ตารางที่ 1 ผู้ผลิตอุปกรณ์เกตเวย์	67
2. ตารางที่ 2 ผู้ผลิตอุปกรณ์เกตเวย์จำแนกตามคุณสมบัติเกตเวย์	69

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

3. ตารางที่ 3 รายชื่อ ITSP ที่ให้บริการ VoIP 70
4. คำศัพท์ที่เกี่ยวข้อง 73
5. เครือข่ายสารสนเทศเพื่อพัฒนาการศึกษา ทบวงมหาวิทยาลัย ที่วางแผนสำหรับการเปลี่ยนแปลง
7. traffic analysis
8. รายละเอียดการใช้โทรศัพท์ของทบวงมหาวิทยาลัย

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1-2. ผู้ผลิตอุปกรณ์เกต์เวย์จำแนกตามคุณสมบัติของเกตเวย์	67-69
3. รายชื่อ ITSP จำแนกตามการให้บริการ	70
4. ประสิทธิภาพของ CODECS ที่ใช้ algorithm ต่างกัน เปรียบเทียบโดยใช้ parameters ต่างๆ	35
5. แบนด์วิดท์สำหรับการประยุกต์แพพลิเคชั่น VoIP	47
6. ผลการทดสอบปิง (ping test)	48
7. feature ของ Cisco Router เปรียบเทียบระหว่าง series 2600 และ 3600	52
8. แนวคิดการลงทุนด้านเทคโนโลยีสารสนเทศ เปรียบเทียบระหว่างแนวคิดเก่า และแนวคิดใหม่	56
9. ค่าใช้จ่ายการสื่อสารด้วยโทรศัพท์รายเดือนของทบวงมหาวิทยาลัย	59
10. ผลการศึกษาการใช้โทรศัพท์ของทบวงมหาวิทยาลัย	61

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
1. ภาพรวมเครือข่ายการสารสนเทศเพื่อพัฒนาการศึกษา ทบวงมหาวิทยาลัย เมื่อติดตั้งสมบูรณ์	11
2. การเชื่อมต่อเครือข่ายระหว่างมหาวิทยาลัย และ เครือข่ายภายในของแต่ละมหาวิทยาลัย	13
3. เครือข่ายภาคตามลักษณะภูมิศาสตร์ของประเทศ	14
4. ประเภทของสถานีในเครือข่ายสารสนเทศ ทบวงมหาวิทยาลัย	17
5. การเชื่อมต่อ ISDN กับ ATM Backbone	18
6: Voice and fax network	20
7. การเชื่อมต่อระบบ VCS , Voice & Fax และ DATA	21
8. สถาปัตยกรรม NetMeeting	27
9. สถาปัตยกรรม Net2Phone	28
10. สถาปัตยกรรม Phone-2-Phone	29
11. การทำงานของเกตเวย์	32
12. การติดตั้งเกตเวย์	33
13. การจับคู่ IP Address กับหมายเลขโทรศัพท์	34
14. จุดที่ทำให้เกิดความล่าช้าในการส่งแพ็กเก็ตข้อมูลในการสื่อสาร VoIP	36
15. VoIP Stack ใน OSI Model	37
16. แบนด์วิดท์ที่จัดสรรสำหรับการสื่อสารข้อมูลบนเครือข่าย	46
17. การเปลี่ยนแปลงการเชื่อมต่อเครือข่ายในการประยุกต์แอพพลิเคชั่น VoIP	53

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

บทที่ 1

1.1 ความเป็นมา

เทคโนโลยีสารสนเทศซึ่งครอบคลุมเทคโนโลยีทั้งข้อมูล ภาพ และเสียง ได้รับการพัฒนาอย่างรวดเร็วโดยมีเป้าหมายของการพัฒนาเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการติดต่อสื่อสารไม่ว่าจะเป็นความรวดเร็ว (speed) ความสามารถในการปฏิสัมพันธ์ในระหว่างการสื่อสาร (interactive) ส่งผลทำให้การดำเนินธุรกิจมีความคล่องตัว การดำเนินชีวิตมีความสะดวกสบายมากขึ้น

ในด้านเทคโนโลยีเสียง นับตั้งแต่มีการประดิษฐ์โทรศัพท์ขึ้นในปี ค.ศ. 1876 ก็ได้มีการคิดค้นพัฒนาเทคโนโลยีการสื่อสารด้วยเสียงผ่านโทรศัพท์เรื่อยมา คือ ปี ค.ศ. 1915 เริ่มมีการให้บริการโทรศัพท์ทางไกลโดย AT&T ปี ค.ศ. 1928 มีการคิดค้นประดิษฐ์โทรศัพท์เป็นเครื่องแรกออกใช้งาน, ปี ค.ศ. 1952 มีการใช้โทรศัพท์แบบหมุนโดยไม่ต้องผ่านพนักงาน, ปี ค.ศ. 1961 มีเครื่องโทรศัพท์แบบกดปุ่ม, ปี ค.ศ. 1985 เริ่มมีการใช้โทรศัพท์มือถือ จนปี ค.ศ. 1995 มีการใช้โทรศัพท์แบบเห็นภาพ ในอนาคตคือราวปี 2000 จะมีระบบโทรศัพท์ดิจิตอลสมบูรณ์แบบ เพื่อให้ถึงเทคโนโลยีตามที่คาดหวัง ความพยายามในการพัฒนาเทคโนโลยีในปัจจุบันมีแนวโน้มหันเข้าหาการสื่อสารในระบบเครือข่ายไม่ว่าจะเป็น LAN, WAN หรือ เครือข่ายการสื่อสารทั่วโลกอินเตอร์เนต (Internet) ด้วยเทคโนโลยีเครือข่ายตามที่กล่าว จะมีพื้นฐานอยู่บนการใช้โปรโตคอลสื่อสารอินเตอร์เนต (IP - based) ในการพัฒนาเทคโนโลยีการสื่อสารด้วยเสียง โดยมีโทรศัพท์เป็นหลักก็พัฒนาบนพื้นฐานเทคโนโลยีร่วมสมัยเช่นกัน ด้วยการพยายามพัฒนาเครือข่ายการสื่อสารด้วยเสียงบน IP ซึ่งเรียกว่า Voice Over IP Network หรือ VoIP

VoIP จัดเป็นแอพพลิเคชั่นที่จะช่วยให้การพัฒนาระบบการสื่อสารด้วยเสียงสามารถใช้เส้นทางเดียวกับการสื่อสารข้อมูล (data communication) เป้าหมายในการพัฒนาสืบเนื่องมาจากบริการอินเตอร์เนตที่แพร่หลายไปทั่วโลก ทำให้มีการพยายามที่จะพัฒนาการใช้เครือข่ายนี้ให้เกิดประโยชน์มากที่สุด โดยการพยายามแปลงข้อมูลเสียงให้อยู่ในรูปแบบเดียวกับแพ็กเก็ตข้อมูล เพื่อให้สามารถใช้สื่อกลางเดียวกับการสื่อสารข้อมูล ดังนั้นคำต่างๆที่เกี่ยวข้องกับพัฒนาการของการสื่อสารด้วยเสียง อาจจะมีคำที่มีความหมายใกล้เคียงกัน VoIP กับ Internet Telephony คำสองคำนี้สื่อความหมายในสิ่งที่ใกล้เคียงกันมากคือเป็นการประยุกต์โปรโตคอลอินเตอร์เนต ให้สามารถพาข้อมูล (data) และเสียง (voice) ไปบนสื่อการสื่อสารเดียวกันได้ สามารถใช้แทนกันได้เพียงแต่ว่า

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ถ้าเป็นการประยุกต์บนเครือข่ายอินเตอร์เนต ก็จะเรียกว่า Internet Telephony แต่ถ้าประยุกต์บนเครือข่ายอื่นที่ใช้โปรโตคอลอินเตอร์เนต ก็เรียกว่า VoIP

VoIP เป็นเทคโนโลยีการสื่อสารด้วยเสียงที่ได้รับการพัฒนามาเพียง 4 ปี คือเริ่มในปี ค.ศ. 1995 มานี้เองโดยการเริ่มต้นของบริษัทวอลคาเทค จำกัด การพัฒนาส่วนใหญ่จะมุ่งเน้นประโยชน์ที่ได้รับจากการประยุกต์บนเครือข่ายอินเตอร์เนต ที่มีอยู่ในปัจจุบัน โดยได้รับความสนใจจากผู้ผลิตอุปกรณ์ฮาร์ดแวร์ และซอฟท์แวร์รายใหญ่ชั้นนำของโลก ดังที่มีการร่วมประชุมสัมมนากันในปี ค.ศ. 1996 (Anita Karve 1997 :60) และได้มีการจัดตั้งเป็นสมาพันธ์ขึ้น เรียกว่า Voice Over Network Coalition (VON Coalition 1997 : 2) ทำหน้าที่เป็นผู้ประสานงานเกี่ยวกับ VoIP ตลอดช่วง 5 ปี จนถึงปัจจุบัน มีการผลิตอุปกรณ์สนับสนุนทั้ง Client Software เช่น Internet Phone, Net2Phone, NetMeeting ซึ่งสามารถ download มาทดลองใช้ได้ฟรี นอกจากนี้ยังมีการผลิตพวกซอฟท์แวร์ และฮาร์ดแวร์ จำพวก เกตเวย์ เกตคีปเปอร์ การ์ดเสียง มากมาย โดยมีการนำเทคโนโลยีไปใช้ในเชิงธุรกิจบ้างโดยผู้ให้บริการ ISP เดิมบางรายหันมาให้บริการ VoIP ด้วย เรียกผู้ให้บริการเหล่านี้ว่า Internet Telephony Service Provider (ITSP) ซึ่งในปัจจุบันมีผู้ให้บริการ ITSP ไม่ต่ำกว่า 15 ราย โดยการให้บริการจะให้บริการในสามรูปแบบ คือ การให้บริการโทรศัพท์ผ่านเครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล โดยที่เครื่องคอมพิวเตอร์ทั้งสองฝ่ายต้องมีการเชื่อมต่อกับอินเตอร์เนต และมีอุปกรณ์พ่วงต่อประเภทมัลติมีเดีย เรียกการบริการในลักษณะนี้ว่า PC-to-PC , หรือถ้าผู้รียกมีคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลที่มีการเชื่อมต่อกับระบบอินเตอร์เนตก็สามารถเรียกสายโทรศัพท์ไปยังเครื่องรับโทรศัพท์มาตรฐานทั่วไปก็ได้ เรียกรูปแบบการบริการนี้ว่า PC-to-Phone และ บริการสุดท้ายเป็นบริการที่เรียกว่า Phone-to-Phone คือทั้งผู้รับ และผู้เรียกสายสามารถติดต่อกันโดยใช้โทรศัพท์มาตรฐาน เพียงแต่เป็นสมาชิกของ ITSP รายใดรายหนึ่งเท่านั้น หรือองค์กรใดๆสามารถที่จะประยุกต์เทคโนโลยี VoIP เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานในองค์กรก็สามารถดำเนินการได้เอง โดยการติดตั้งอุปกรณ์เพิ่มเติมในเครือข่ายขององค์กร หรือใช้บริการผ่าน ITSP เหล่านี้ก็ได้ โดยที่แนวโน้มตลาด VoIP จะสูงขึ้นเรื่อยๆ โดยการประมาณการณ์ของผู้เชี่ยวชาญด้านนี้ เช่น ข้อมูลจาก Frost & Sullivan ไดทำการวิเคราะห์รายได้ของ Internet Telephone ว่าในปี พ.ศ. 2538 มีรายได้เพียง 1.8 ล้านเหรียญสหรัฐ ในปีพ.ศ. 2539 มีรายได้เพิ่มขึ้นเป็น 19.8 ล้านเหรียญสหรัฐ และคาดว่าหลังจากนั้นจะมีอัตราการเพิ่มอย่างมหาศาล โดยเมื่อสิ้นสุดปีพ.ศ. 2544 จะมีรายได้ถึง 1.89 พันล้านเหรียญสหรัฐ และPhone-to-Phone บน Internet จะเป็นตัวแปรสำคัญที่ทำให้บริการ Internet Telephone มีผลกระทบอย่างรุนแรงและรวดเร็ว (สยามธุรกิจ 4-10 ตุลาคม 2541 : 20) หรือการวิเคราะห์ของ Pulver ในประเด็นแนวโน้มตลาด ก็เป็นไปในทำนองเดียวกันตามที่แสดงในตาราง

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

	Hobbyists	Enterprise	Telcos
1995	94%	2%	4%
1996	90%	3%	7%
1997	75%	5%	20%
1998	55%	10%	35%
1999	45%	15%	40%

(Anita Karve 1997 : 57)

สำหรับในประเทศไทยยังไม่มี ISP รายใดให้บริการในลักษณะ ITSP ที่ให้บริการ Phone-to-Phone ด้วย โดยที่หากพิจารณาโครงสร้างองค์กรหลายๆองค์กรมีโครงสร้างพื้นฐานทางด้านเทคโนโลยีสารสนเทศ ที่สามารถรับเทคโนโลยี VoIP เพื่อเข้าไปช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการสื่อสารภายในองค์กร ตลอดจนลดค่าใช้จ่ายด้านโทรศัพท์ด้วย เช่น ทบวงมหาวิทยาลัยที่ได้ดำเนินการก่อตั้งเครือข่ายสารสนเทศเพื่อพัฒนาการศึกษาระหว่างมหาวิทยาลัยทั่วประเทศ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อกระจายการจัดการเรียนการสอนในระดับอุดมศึกษาไปสู่ส่วนภูมิภาค รองรับจำนวนนักเรียนที่จบการศึกษาในระดับมัธยมศึกษาให้สามารถศึกษาต่อในระดับอุดมศึกษาได้โดยไม่ต้องเข้ามาเรียนในสถาบันที่ตั้งอยู่ในเขตกรุงเทพมหานคร เป็นการยกระดับการมีสิทธิที่เท่าเทียมกันของนักเรียนทุกคนที่จะได้มีโอกาสได้รับการศึกษาในระดับอุดมศึกษาบนมาตรฐานการศึกษาที่ใกล้เคียงกัน เพื่อให้บรรลุเป้าหมายและวัตถุประสงค์ดังกล่าวทบวงมหาวิทยาลัยโดยมติคณะรัฐมนตรีจึงได้ดำเนินการจัดสร้างเครือข่ายสารสนเทศเชื่อมโยงระหว่างสถาบันระดับอุดมศึกษาที่อยู่ในความดูแลของทบวงฯ ทั่วประเทศโดยใช้เทคโนโลยี ATM เป็นเครือข่ายหลัก ข้อมูลสามารถรับ-ส่งด้วยความเร็ว 155 Mbps. ภายใต้สื่อกลางคือใยแก้วนำแสง (optic fiber) และสามารถให้บริการ ISDN, Video Conferencing ได้ น่าจะสามารถให้บริการ VoIP ในลักษณะ Phone-to-Phone บนเครือข่ายนี้ด้วยเพื่อให้ใช้ทรัพยากรที่มีอยู่เป็นประโยชน์ต่อองค์กรมากที่สุด โดยที่ในขั้นต้นประโยชน์ที่ได้รับก็จะสามารถประหยัดค่าใช้จ่ายด้านโทรศัพท์ของทบวงฯ ลง

อย่างไรก็ตามยังจะต้องมีการพัฒนาเทคโนโลยี VoIP อีกต่อไป เนื่องจากยังมีปัญหาในด้านคุณภาพเสียง ความล่าช้าในการสื่อสาร (Robin Gareiss 1996 : 8) เทคโนโลยีนี้ยังเป็นเทคโนโลยีที่ยังจะต้องมีการพัฒนาต่อไป ดังนั้นการจะประยุกต์เทคโนโลยี VoIP บนเครือข่ายสารสนเทศเพื่อพัฒนาการศึกษา ทบวงมหาวิทยาลัยจำเป็นต้องมีการศึกษาความเป็นไปได้ในการประยุกต์ ในแง่ศักยภาพของเครือข่ายโดยเฉพาะประเด็นที่เกี่ยวกับคุณภาพของการสื่อสาร และความคุ้มค่าการลงทุน

โครงการศึกษากรณีพิเศษนี้ดำเนินการศึกษาเพื่อวิเคราะห์ประเด็นดังกล่าว โดยหวังผลการศึกษาว่าจะได้แนวทางแก่ทบวงในการประยุกต์เทคโนโลยี VoIP บนเครือข่ายสารสนเทศเพื่อพัฒนาการศึกษา และเพื่อให้การศึกษาเป็นไปอย่างเป็นระบบบนพื้นฐานของหลักวิชาการ แนวทางในการดำเนินการศึกษาจึงได้มีการทบทวนประมวลความรู้เกี่ยวกับเทคโนโลยี VoIP , ศึกษา

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

โครงการเครือข่ายสารสนเทศสนเทศเพื่อพัฒนาการศึกษา ทบวงมหาวิทยาลัย , วิเคราะห์แนวทางการประยุกต์เทคโนโลยี VoIP บนเครือข่ายสารสนเทศสนเทศเพื่อพัฒนาการศึกษา ทบวงมหาวิทยาลัย และวิเคราะห์ความเหมาะสมในการประยุกต์เทคโนโลยี VoIP บนเครือข่ายดังกล่าว ดังที่จะได้นำเสนอในการศึกษาบทที่ 2 , 3 , 4 และ 5 ตามลำดับ สำหรับผลการศึกษา และข้อเสนอแนะต่างๆที่ได้จากการศึกษาได้สรุปไว้ในบทที่6

1.2 วัตถุประสงค์ : เพื่อการศึกษา

1. เทคโนโลยีของ VoIP-Network
2. แนวทางการประยุกต์เทคโนโลยี VoIP บนเครือข่ายสารสนเทศเพื่อพัฒนาการศึกษา ทบวงมหาวิทยาลัย
3. วิเคราะห์ประโยชน์ และผลตอบแทนการลงทุนที่เกิดจาก การประยุกต์เทคโนโลยี VoIP บนเครือข่ายสารสนเทศเพื่อพัฒนาการศึกษาทบวงมหาวิทยาลัย

1.3 แผนดำเนินการศึกษา

1. ศึกษาและทบทวนความก้าวหน้าของเทคโนโลยี VoIP
2. ศึกษาเครือข่ายสารสนเทศเพื่อพัฒนาการศึกษา ทบวงมหาวิทยาลัย
3. วิเคราะห์แนวทางการประยุกต์เทคโนโลยี VoIP บนเครือข่ายสารสนเทศเพื่อพัฒนาการศึกษา ทบวงมหาวิทยาลัย
4. วิเคราะห์ความเหมาะสมในเชิงประโยชน์ และผลตอบแทนการลงทุนของการประยุกต์เทคโนโลยี VoIP บนเครือข่ายสารสนเทศเพื่อพัฒนาการศึกษา ทบวงมหาวิทยาลัย
5. ประเมินผล และสรุปผลการประยุกต์เทคโนโลยี VoIP บนเครือข่ายการสารสนเทศเพื่อพัฒนาการศึกษา ทบวงมหาวิทยาลัย

1.4 ขอบเขตการศึกษา

1. ศึกษาเทคโนโลยีในเชิงทฤษฎี ทั้ง PC-to-PC , PC-to-Phone และ Phone-to-Phone ในแง่มุมเกี่ยวกับด้านเทคนิคการบริการ อุปกรณ์สนับสนุนทั้งในส่วน ฮาร์ดแวร์ และซอฟท์แวร์
2. ศึกษาวิเคราะห์การประยุกต์เทคโนโลยีในVoIP เฉพาะโครงการเครือข่ายสารสนเทศเพื่อพัฒนาการศึกษา ทบวงมหาวิทยาลัยในสถานะปัจจุบัน

1.5 ขั้นตอนการศึกษา

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
modify the content, and cite the document when use.

1.5.1 ศึกษาระบบการสื่อสารโทรศัพท์ในปัจจุบันของทบวงมหาวิทยาลัย

เนื่องจากทบวงมหาวิทยาลัย ดำเนินการจัดสร้างเครือข่ายความเร็วสูง (ATM-Backbone) ในโครงการเครือข่ายสารสนเทศเพื่อการพัฒนาการศึกษาไว้แล้ว ซึ่งเครือข่ายนี้สามารถส่งข้อมูลด้วยความเร็วสูง 155 Mbps. ตลอดจนมีการติดตั้งระบบ Video Conferencing System , Video On Demand , CAI-Server เพื่อสนับสนุนระบบการเรียนการสอนแบบมีปฏิสัมพันธ์ทางไกล น่าจะได้ใช้ทรัพยากรที่จัดสร้างขึ้นให้เกิดประโยชน์สูงสุดแก่องค์กร คือ การสื่อสารทางโทรศัพท์ด้วยการอาศัยเครือข่าย IP ที่จัดสร้างไว้นี้ เพื่อลดค่าใช้จ่ายในด้านโทรศัพท์ติดต่อในปัจจุบันลง การศึกษาในส่วนนี้เป็นการวิเคราะห์รูปแบบการใช้โทรศัพท์ของทบวงมหาวิทยาลัยในปัจจุบันเกี่ยวกับอัตราการใช้โทรศัพท์ต่อวัน , เวลาในการใช้โทรศัพท์ต่อครั้ง ตลอดจนค่าใช้จ่ายด้านโทรศัพท์

1.5.2 ตรวจสอบศักยภาพของเครือข่ายฯ เพื่อการประยุกต์เทคโนโลยี VoIP

1. วิเคราะห์ระดับการสื่อสาร (traffic) บนเครือข่าย
2. วัดการหน่วงเวลา (delay time) ของการสื่อสารในแต่ละจุดบนเครือข่าย
3. วิเคราะห์ประสิทธิภาพการส่งแพกเก็ตข้อมูล (percent of packet loss)

1.5.3 การวิเคราะห์ และการออบแบบระบบใหม่

1.5.4 เปรียบเทียบข้อดี - ข้อเสีย ของระบบที่ออกแบบ เพื่อเป็นข้อมูลแก่ผู้บริหารในการประกอบการตัดสินใจประยุกต์เทคโนโลยี VoIP บนเครือข่าย

1.6 ประโยชน์ที่ได้รับ

1.6.1 แนวทางในการประยุกต์ เทคโนโลยี VoIP บนเครือข่ายสารสนเทศเพื่อพัฒนาการศึกษา ทบวงมหาวิทยาลัย

1.6.2 ทราบถึงประโยชน์และผลตอบแทนการลงทุนในการประยุกต์เทคโนโลยี VoIP บนเครือข่ายสารสนเทศเพื่อพัฒนาการ ศึกษา ทบวงมหาวิทยาลัย

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

บทที่ 2

โครงสร้างเครือข่ายสารสนเทศเพื่อพัฒนาการศึกษา ทบวงมหาวิทยาลัย

เป็นโครงการที่ดำเนินการอย่างสอดคล้องกับมติคณะรัฐมนตรี คือให้มีการกระจายความเจริญไปสู่ส่วนภูมิภาคภายในจังหวัดต่างๆ เพื่อพัฒนาทรัพยากรมนุษย์โดยการพัฒนาระบบการศึกษาด้วยการกระจายมหาวิทยาลัยและวิทยาเขตไปสู่ส่วนภูมิภาค บนพื้นฐานของการเรียนการสอนที่มีคุณภาพ สามารถรองรับจำนวนนักเรียนระดับมัธยมศึกษา ซึ่งมีอัตราสูงขึ้นทุกปี ซึ่งในปีล่าสุดจำนวนเพิ่มขึ้นถึงเกือบ 500,000 คน แต่ศักยภาพของทบวงฯ ที่จะรับนักเรียนเข้าศึกษาต่อมีเพียง 59,105 คนเท่านั้น (สำนักคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ 2541 : 110) ตลอดจนสถาบันอุดมศึกษาจำนวน 195 คนก็ตั้งอยู่ในจังหวัดหลักๆ จังหวัดละ 1 - 2 สถาบัน ทำให้การศึกษาระดับอุดมศึกษากระจุกตัวอยู่ในกรุงเทพมหานคร ส่งผลกระทบด้านความเป็นอยู่ที่แออัดและปัญหาจราจร ตลอดจนปัญหาสังคมอื่น ตลอดจนปัญหาความไม่ทัดเทียมกันในคุณภาพของการจัดการเรียนในสถาบันระหว่างกรุงเทพมหานคร กับ ภูมิภาค โดยที่ปัญหาหนึ่ง คือ ขาดแคลนครู/อาจารย์ จึงได้ถูกริเริ่มดำเนินการขึ้น โดยนำหลักวิชาการด้านโครงการเครือข่ายสารสนเทศเพื่อพัฒนาการศึกษาเทคโนโลยีสารสนเทศมาช่วยให้เกิดการขยายโอกาสทางการศึกษาให้ทั่วถึงมากขึ้น ให้มีความเท่าเทียมในการที่นักเรียนไม่ว่าจะอาศัยอยู่ในกรุงเทพมหานครหรือจังหวัดอื่นๆ สามารถเข้าถึงการศึกษาในระดับอุดมศึกษาได้อย่างทัดเทียมกัน ภายใต้มาตรฐานการจัดการศึกษาแบบเดียวกันโดยมีระยะเวลาดำเนินการที่สั้ นอย่างมีประสิทธิภาพ

2.1 เป้าหมายของโครงการ

โครงการเครือข่ายสารสนเทศเพื่อพัฒนาการศึกษา ทบวงมหาวิทยาลัยนี้กำหนดดำเนินการตั้งแต่ปีพ.ศ. 2539 - 2544 โดยมีเป้าหมายดำเนินการ 4 ประการ ดังนี้

2.2.1 เป้าหมายที่หนึ่ง

เพื่อสร้างระบบเครือข่ายสารสนเทศความเร็วสูงเชื่อมโยงมหาวิทยาลัย สถาบัน และวิทยาเขตทุกแห่งทั่วประเทศเรียกว่าระบบ เพื่อสนับสนุนการขยายโอกาสการศึกษาในระดับอุดมศึกษาไปสู่ภูมิภาคหรือวิทยาเขตสารสนเทศ

2.2.2 เป้าหมายที่สอง

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

เพื่อพัฒนาศูนย์การเรียนรู้ด้วยตนเอง โดยการพัฒนาเครือข่ายภายในมหาวิทยาลัย (Campus Network) ให้เชื่อมโยงไปสู่ไปสู่แหล่งเพื่อการเรียนรู้ค้นคว้าด้วยตนเอง ได้แก่ระบบห้องสมุดอิเล็กทรอนิกส์ , ระบบอินเทอร์เน็ต , ระบบมัลติมีเดีย , วีดีโอ ออน ดีมานต์ และระบบคอมพิวเตอร์ช่วยสอน(CAI)

2.2.3 เป้าหมายที่สาม

เพื่อพัฒนาให้เกิดสังคมแห่งการเรี ยนรู้ด้วยตนเอง ด้วยการพัฒนาสื่อประสมประกอบการสอนรายวิชา (courseware) พัฒนาฐานข้อมูลแห่งการเรียนรู้และพัฒนาการเรียนการสอนโดยผ่านระบบ Video Conference System (VCS)

2.2.4 เป้าหมายที่สี่

เพื่อการพัฒนาบุคลากรให้มีความรู้ความสามารถในการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีสารสนเทศเพื่อการพัฒนาการศึกษา ทั้งการพัฒนาอาจารย์ผู้สอนและอาจารย์ผู้ช่วยสอน การพัฒนาเทคนิคการออบแบบและการผลิต Courseware รวมทั้งการวิจัย และพัฒนากระบวนการจัดการเรียนการสอนสมัยใหม่

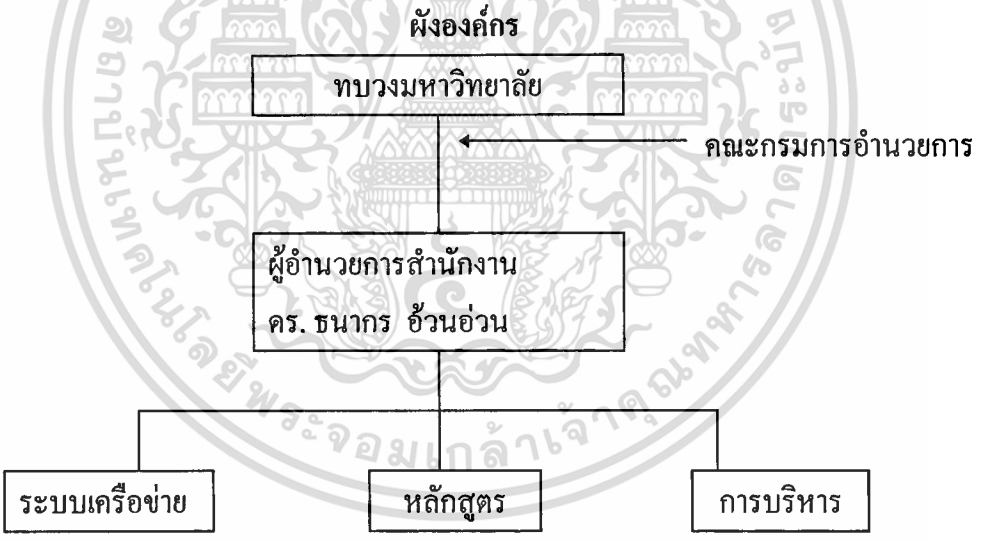
2.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ

1. ใช้เทคโนโลยีที่ทันสมัยในการขยายโอกาสทางการศึกษาให้ทั่วถึง
2. ลดปัญหาการขาดแคลนอาจารย์ผู้สอน
3. การขยายวิทยาเขตไปสู่ภูมิภาค เป็นไปได้อย่างมีคุณภาพ
4. เปิดโอกาสให้บุคลากรในมหาวิทยาลัย ใช้ทรัพยากรร่วมกันอย่างมีประสิทธิภาพ
5. ลดต้นทุนการเดินทางของอาจารย์ที่ต้องเดินทางไปสอนยังภูมิภาครวมทั้งนักศึกษามีโอกาสได้รับการ บรรยายจากอาจารย์ผู้ทรงคุณวุฒิ และเชี่ยวชาญในสาขาต่างๆได้เท่าเทียมกัน

เพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์ดังกล่าว ระบบการเรียนการสอนทางไกล (tele-education) โดยอาศัยเทคโนโลยีโทรคมนาคมระบบ Video Conferencing System ซึ่งได้ถูกประยุกต์เข้ากับโครงการเพื่อทำให้เกิดระบบการเรียนการสอนทางไกลแบบ 2 ทางคือ ทั้งผู้เรียน และผู้สอนสามารถโต้ตอบกันได้ทันที (interactive response) ทำให้เกิดบรรยากาศเสมือนมีชั้นเรียนตามปกติ ทั้งๆที่จริงแล้วทั้งผู้สอนและผู้เรียนอยู่คนละสถานที่กัน ทั้งนี้เนื่องจากความสามารถของระบบ Video Conferencing System ซึ่งเป็นเทคนิคใหม่ของเทคโนโลยีโทรคมนาคมที่ทำให้การสื่อสารระยะไกลระหว่างบุคคลหลายๆกลุ่มที่อยู่ในสถานที่ต่างๆ สามารถสื่อสารโต้ตอกันได้ในเวลาเดียวกัน โดยสามารถเห็นภาพเสมือนร่วมสนทนาในห้องเดียวกัน โดยการผสมผสานเทคโนโลยีทาง Digital

This material is reserved for educational use only. Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

video-audio , digital data compression และ image processing เข้าด้วยกัน ภายใต้การกำหนดของมาตรฐาน H.261 ซึ่งการจะทำเช่นนี้ได้ต้องมีการจัดสร้างเครือข่าย เพื่อเป็นโครงสร้างพื้นฐานที่เหมาะสมในการดำเนินการประยุกต์ Video Conferencing System นี้ ดังนั้นในการดำเนินการของโครงการจึงแบ่งโครงสร้างระบบการดำเนินงานเป็น 3 ส่วนคือ การจัดระบบห้องเรียนมาตรฐานเพื่อการสื่อสารระบบ Video Conferencing System, การสร้างระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์ภายในมหาวิทยาลัย (Campus Network) และการสร้างระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์ความเร็วสูงระหว่างมหาวิทยาลัย โดยมีระยะเวลาดำเนินการ 3 ปี คือตั้งแต่ปี พ.ศ. 2539 ถึง 2541 ภายใต้การดูแลของคณะกรรมการ 3 ชุด คือ คณะอนุกรรมการบริหารโครงการ คณะอนุกรรมการทำงานด้านเทคนิค และคณะอนุกรรมการทำงานด้านวิชาการ ภายหลังจากโครงการได้ดำเนินการในเรื่องการวางระบบเครือข่ายหลักเสร็จแล้ว มติคณะรัฐมนตรีให้มีการแต่งตั้งองค์กรกลาง คือ สำนักงาน ซึ่งตั้งอยู่ที่ อาคารทบวงมหาวิทยาลัย ถ.ศรีอยุธยา ชั้น 9 ขึ้นมาเพื่อบริหารจัดการโครงการฯ ต่อไป



สำนักงานเทคโนโลยีสารสนเทศเพื่อพัฒนาการศึกษา (Office of Information Technology for Educational Development) อยู่ภายใต้การดูแลของทบวงมหาวิทยาลัย ยังไม่ได้เป็นองค์กรอิสระในแง่กฎหมาย แต่กำลังอยู่ในระหว่างการดำเนินการ ในขณะนี้มีเจ้าหน้าที่ 11 คน คือ ดร.ธนากร อ้วนอ่อน เป็นผู้อำนวยการสำนักงาน เจ้าหน้าที่จากทบวงมหาวิทยาลัยที่ยืมตัวมาช่วยอีก 3 คน และพนักงานของสำนักอีก 7 คน แบ่งการบริหารเป็น 3 ฝ่าย คือ

- ฝ่ายดูแลระบบเครือข่าย จะทำหน้าที่ดูแลบริหารจัดการในเรื่องเครือข่ายคอมพิวเตอร์ของโครงการ ซึ่งจะประสานงานกับ ผู้ประสานงานระบบ ของแต่ละสถาบัน/ มหาวิทยาลัยแห่งละ 2 - 3 คน

This thesis is scanned for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

- ฝ่ายดูแลหลักสูตรมีหน้าประสานงานการจัดทำหลักสูตรการเรียนการสอนทางไกล (VCS) โดยมีรองอธิการฝ่ายวิชาการจากสถาบัน / มหาวิทยาลัยในเครือข่ายเป็นคณะกรรมการ มีการประชุมเพื่อวางแผนการจัดทำหลักสูตร โดยในขณะนี้มีการจัดทำหลักสูตรเพื่อใช้ในระบบ VCS 7 ชุด ในหมวดการศึกษาทั่วไป (General Education) กำลังดำเนินการอีก 5 ชุด และคาดว่าจะจัดให้มีการดำเนินการอีก 7 ชุดวิชาตามมา สำหรับแนวคิดในเรื่องการจัดทำหลักสูตร คือ ต้องการให้ทุกมหาวิทยาลัย/สถาบัน มีศักยภาพในการสร้างหลักสูตรได้เอง เพื่อให้สามารถจัดทำหลักสูตรอื่นๆในด้านที่ตนเองมีความเชี่ยวชาญ มีทรัพยากรบุคคลด้านนั้นๆอยู่ ซึ่งเมื่อจัดสร้างออกมาแล้ว สถาบัน/มหาวิทยาลัยอื่นที่สนใจจะสามารถขอร่วมให้นักศึกษาของตนเองได้รับการสอนจากหลักสูตรนั้นๆได้ ทั้งนี้สำนักงานจะเป็นผู้ประสานงานจัดทำตารางการจัดการเรียนการสอนระบบ VCS ของแต่ละมหาวิทยาลัย/สถาบัน เพื่อให้ทุกๆสถาบัน/มหาวิทยาลัย สามารถจัดหลักสูตรการเรียนการสอนภายในให้สอดคล้องกับระบบการเรียนการสอนที่มีใน VCS ได้ ทั้งนี้รายวิชา/หลักสูตรในระบบ VCS ต้องดำเนินการให้มีมาตรฐานเดียวกัน คือ มีคู่มือนักศึกษา (เนื้อหา , แบบฝึกหัด) และหนังสือประกอบการเรียนการสอน

- ฝ่ายดูแลบริหารจัดการ จะบริหารจัดการเกี่ยวกับการเงิน เอกสาร ด้านการทำสัญญา(กฎหมาย) ตลอดจนงานธุรการต่างๆ

โดยจะมีคณะกรรมการอำนวยการคอยให้คำปรึกษา ซึ่งคณะกรรมการอำนวยการมีปลัดทบวงฯเป็นประธาน และคณะกรรมการอันประกอบด้วยผู้แทนจากฝ่ายต่างๆที่เกี่ยวข้อง

2.3 ความก้าวหน้าของโครงการ

จากเป้าหมายในการดำเนินโครงการที่ต้องการให้ทุกสถาบันการศึกษาในระดับอุดมศึกษาในการดูแลของทบวงมหาวิทยาลัยทั้ง 24 แห่ง เข้าร่วมเป็นสถาบันในเครือข่ายการศึกษาเดียวกัน นับตั้งแต่ดำเนินโครงการจนถึงปัจจุบัน ได้ผลดังนี้

- มีระบบเครือข่ายการสื่อสาร สำหรับจัดระบบการศึกษาทางไกล โดยใช้เทคโนโลยี VCS ครอบคลุม 23 แห่ง (ยกเว้น มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง) โดยที่สถาบันเข้าร่วมเป็นเบสต่อ, ดังนี้

	สถาบันแม่ข่าย	สถาบันลูกข่าย
*กรุงเทพ :	สจล, ม.พระจอมเกล้าธนบุรี, ม.ธรรมศาสตร์ ม.มหิดล	สจล./ชุมพร , สจธ/ราชบุรี , สจล/ปราจีนบุรี และม.ธรรมศาสตร์/ลำปาง
*ต่างจังหวัด :	ม.สงขลานครินทร์ , ม.นเรศวร และ ม.บูรพา	ม.นเรศวร/พะเยา ม.สงขลานครินทร์/ตรัง และ ม.มหิดล (นครปฐม-ศาลยา)

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ระยะที่ 2 : เครือข่ายมหาวิทยาลัย/สถาบันหลักทั้ง 23 แห่ง ได้รับการติดตั้งเชื่อมต่อเครือข่ายการสื่อสารความเร็วสูงและถือว่าการวางเครือข่ายสมบูรณ์ โดยมีการขยายไปที่เครือข่ายมหาวิทยาลัย/สถาบันลูกข่ายเพิ่มเติม คือ ม.สงขลานครินทร์วิทยาเขตสุราษฎร์และปัตตานีรวมทั้ง ม.นเรศวรวิทยาเขตกำแพงเพชร และม.เกษตรศาสตร์วิทยาเขตศรีราชาจ.ชลบุรี

- มีการติดตั้งระบบการเรียนการสอนแบบ 2 ทาง ด้วยเทคโนโลยี Video Conferencing System ซึ่งยังไม่สามารถจัดตั้งได้ครบตามเป้าหมาย เนื่องจากอุปสรรคในด้านงบประมาณที่ได้รับการจัดสรรสนับสนุน จากสำนักงบประมาณแผ่นดิน ถูกตัดตั้งแต่ปี 2541 เรื่อยมาถึงปี 2542 ได้รับเพียง 20 เปอร์เซนต์เท่านั้น โดยงบประมาณจะถูกจัดแบ่งเป็น 2 ทาง คือใช้ในการดำเนินงานระบบในภาพรวมและกระจายไปให้แต่ละมหาวิทยาลัย/สถาบัน ที่ต้องการพัฒนาตนเองในด้านการวางระบบเครือข่ายเพื่อการเชื่อมต่อกับโครงการได้อย่างประสิทธิภาพ

ดังนั้นในช่วง พ.ศ. 2541 -2542 งบประมาณที่ได้รับ จะใช้จ่ายไปในด้านเกี่ยวกับการบริหารจัดการระบบเป็นส่วนใหญ่ จะไม่ได้ใช้จ่ายไปเพื่อจัดซื้ออุปกรณ์ฮาร์ดแวร์/ซอฟท์แวร์เลย

2.4 ผลการดำเนินการจัดสร้างเครือข่ายสารสนเทศเพื่อพัฒนาการศึกษาทบวงมหาวิทยาลัย

(ตามการรายงานการออกแบบของอนุกรรมการด้านเทคนิก ที่นำเสนอต่อทบวงมหาวิทยาลัย)

สำหรับการดำเนินการจัดสร้างระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์ความเร็วสูงระหว่างมหาวิทยาลัยนั้น ทบวงมหาวิทยาลัย ได้ประสานกับองค์การโทรศัพท์แห่งประเทศไทย สำรวจเส้นทางการวางเครือข่ายใยแก้วนำแสง ให้ครอบคลุมทุกจุดของสถาบันอุดมศึกษาทั่วประเทศ รวมทั้งประชุมบริษัทผู้สนใจต่างๆ เพื่อกำหนดคุณลักษณะของระบบการวางเครือข่ายของโครงการ

สถานภาพของโครงการในปัจจุบัน ได้มีการจัดวางระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์ความเร็วสูงระหว่างมหาวิทยาลัย โดยให้มีเครือข่ายหลักเป็นเทคโนโลยี ATM และเชื่อมต่อเครือข่ายการศึกษาของสถาบันในกรุงเทพมหานคร กับเครือข่ายการศึกษาของสถาบันในแต่ละภาคด้วยเทคโนโลยี Fram Relay

ในการเชื่อมโยงให้เกิดเครือข่ายเพื่อสนับสนุนการศึกษาตามแนวคิดของโครงการ จะมีทบวงมหาวิทยาลัยเป็นศูนย์กลางเชื่อมต่อกับสถาบันที่เป็น gateway 3 แห่ง (สจล , ม.พระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารธรบุรี และ ม.เกษตรศาสตร์) และมหาวิทยาลัยอื่นๆในพื้นที่กรุงเทพมหานครและปริมณฑลทั้งหมด ด้วยการส่งผ่านข้อมูลแบบ ATM ผ่านสายใยแก้วนำแสง ซึ่งจัดเตรียมและให้บริการโดยองค์การโทรศัพท์แห่งประเทศไทย ด้วยความเร็ว 155 Mbps. (STM-1)

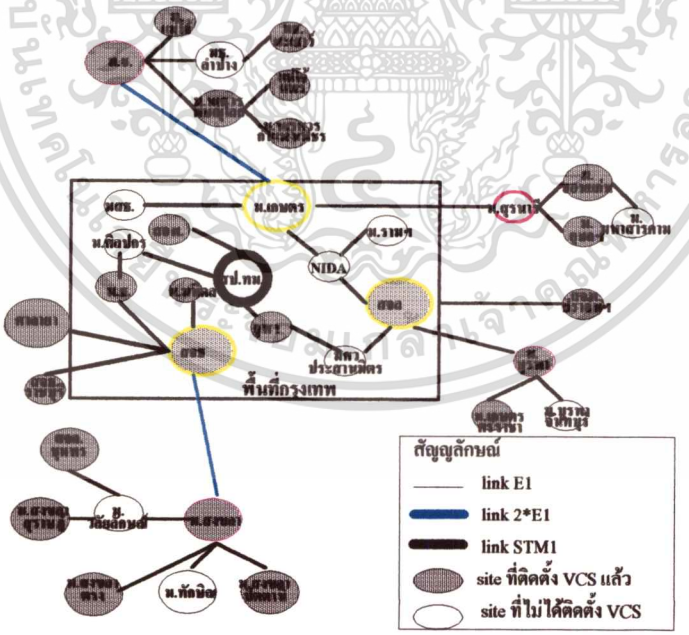
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ในส่วนภูมิภาคมีการเชื่อมโยงเข้ากับระบบโดยผ่านมหาวิทยาลัย ซึ่งทำหน้าที่เป็น gateway ดังกล่าวข้างต้น โดยมีม.เชียงใหม่ ,ม. สุรนารี ,ม.บูรพา และม.สงขลานครินทร์ เป็นศูนย์กลางในแต่ละภาค โดยเครือข่ายแกนหลักยังคงเป็นเครือข่าย ATM แต่เครือข่ายในแต่ละภูมิภาคย่อยเชื่อมโยงกัน โดยมีอัตราการส่งข้อมูลไม่ต่ำกว่า 2 Mbps. (E_1)

สิ่งสำคัญในการออกแบบระบบสื่อสัญญาณนี้ คือ เน้นให้มหาวิทยาลัย และวิทยาเขตแต่ละแห่งมีเส้นทางสื่อสัญญาณมากกว่า 1 เส้นทาง โดยมีความเร็วอย่างน้อย 2 Mbps. โดยที่เครือข่ายจะเป็นระบบชนิด Multimedia High Speed Network ซึ่งจะรองรับการใช้งานแบบ Voice, Real - time, High Speed Data.

แนวทางการเชื่อมโยงระบบเครือข่ายภายนอก กับระบบเครือข่ายภายใน ทำโดยการติดตั้ง MUX ให้กับมหาวิทยาลัย หรือวิทยาเขตแต่ละแห่ง โดยที่ MUX จะทำหน้าที่ในการรับ - ส่งสัญญาณจากระบบสื่อสัญญาณระหว่างมหาวิทยาลัย และกระจายการเชื่อมต่อสัญญาณออกเป็น 2 ส่วน ส่วนหนึ่งไปยังอุปกรณ์ระบบการเรียนการสอนทางไกล และอีกส่วนหนึ่งเชื่อมเข้ากับระบบเครือข่ายเดิมของมหาวิทยาลัยและวิทยาเขตนั้น

โครงสร้างการเชื่อมโยงเครือข่ายการศึกษานี้เมื่อสมบูรณ์มีลักษณะดังแสดงในภาพที่ 1



ภาพที่ 1 : ภาพรวมเครือข่ายสารสนเทศเพื่อการศึกษาเมื่อติดตั้งสมบูรณ์

หลักการที่นำมาใช้ในการพิจารณาในการออกแบบโดยคำนึงถึง ความน่าเชื่อถือของระบบ (Reliability) โดยพยายามลดจุดเดี่ยวที่เสี่ยงต่อการทำให้ระบบล่มสลาย (Single point of failure)

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ความสามารถในการขยายระบบ (Scalability) และความง่ายต่อการจัดการและการบริหาร (Manageability)

เครือข่ายมหาวิทยาลัยเมื่อพิจารณาจากการเชื่อมต่อแล้วสามารถแบ่งได้ 2 ระดับ คือ ระดับเครือข่ายแกนหลักของเครือข่ายย่อยที่กรุงเทพมหานครและปริมณฑล และระดับเครือข่ายแกนหลักของแต่ละภูมิภาค โดยแบ่งเป็นเครือข่ายแกนหลักของภาคเหนือ, ภาคอิสาน, ภาคตะวันออก และภาคใต้

ในส่วนของโหนดที่อยู่บนเครือข่าย สามารถแบ่งตามลำดับความสำคัญได้ดังนี้ คือ ศูนย์กลางระบบ, ศูนย์ Gateway, ศูนย์ภาค, Junction, Backbone node, Access node โหนดเหล่านี้จะพบอยู่บนระบบเครือข่ายและต่างก็มีหน้าที่แตกต่างกันออกไป

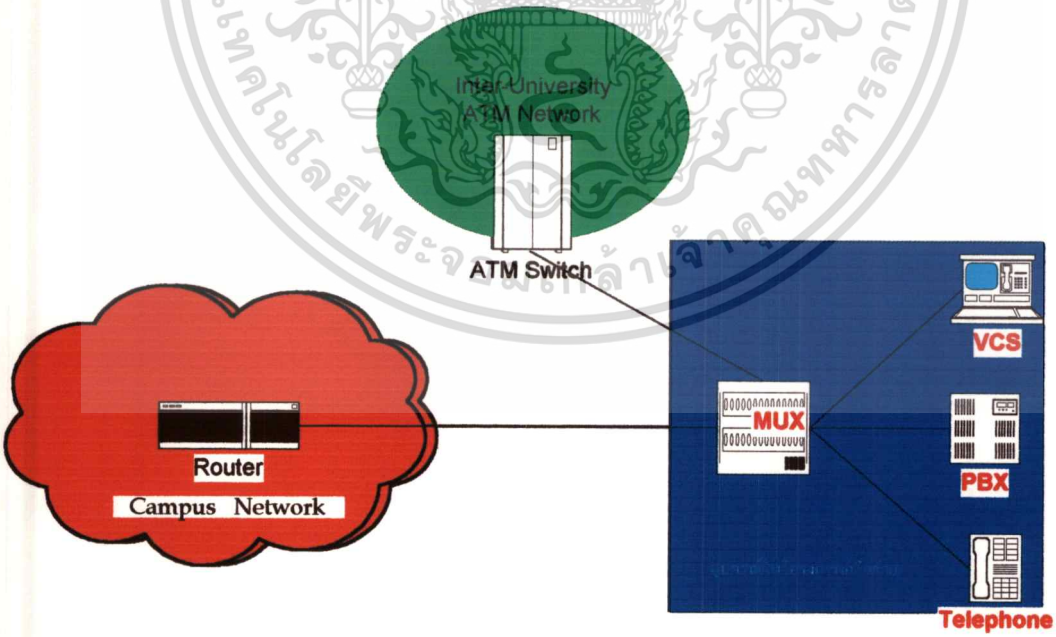
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

2.5 ระบบสื่อสัญญาณระหว่างมหาวิทยาลัยและวิทยาเขต (Transmission Media System)

เพื่อให้เสียค่าใช้จ่ายและมีประสิทธิภาพดีที่สุด การออกแบบเครือข่ายสารสนเทศฯจะแบ่งการเชื่อมต่อออกเป็นส่วนกรุงเทพฯ - ปริมณฑล และส่วนภูมิภาค ในแต่ละส่วนจะมีการสร้างเป็นเครือข่ายแกนหลักเชื่อมโยงเข้าหากัน และมีการเชื่อมต่อจากเครือข่ายแกนหลักกระจายไปยังลูกข่ายต่างๆ โดยมหาวิทยาลัยหรือวิทยาเขตจะให้เชื่อมต่อกับเครือข่ายแกนหลักที่ใกล้ที่สุด และสำหรับเส้นทางการเชื่อมต่อจะมีการสร้างเส้นทางสำรองไว้เพื่อป้องกันปัญหาที่เกิดจากจุดเชื่อมต่อจุดใดจุดหนึ่งเกิดปัญหาแล้วทำให้การส่งข้อมูลของจุดอื่นเสียไปด้วย (Single Point of Failure)

การใช้สื่อสัญญาณในส่วนกรุงเทพฯ-ปริมณฑลจะใช้สื่อสัญญาณที่เป็นสายเส้นใยนำแสง (Fiber Optic Cable) ด้วยการสื่อสารเทคโนโลยีแบบเอทีเอ็ม (ATM) ในระดับความเร็ว 155 Mbps. และในส่วนภูมิภาคสื่อสัญญาณที่ใช้ในการเชื่อมต่อแกนหลักอย่างน้อยต้องเป็นการเชื่อมต่อแบบ E1 ที่ความเร็ว 2 Mbps.

การเชื่อมต่อจากเครือข่ายระหว่างมหาวิทยาลัย (ATM back bone) เข้าสู่เครือข่ายภายในของแต่ละมหาวิทยาลัย (Campus Network) จะมีลักษณะดังแสดงในภาพที่ 2



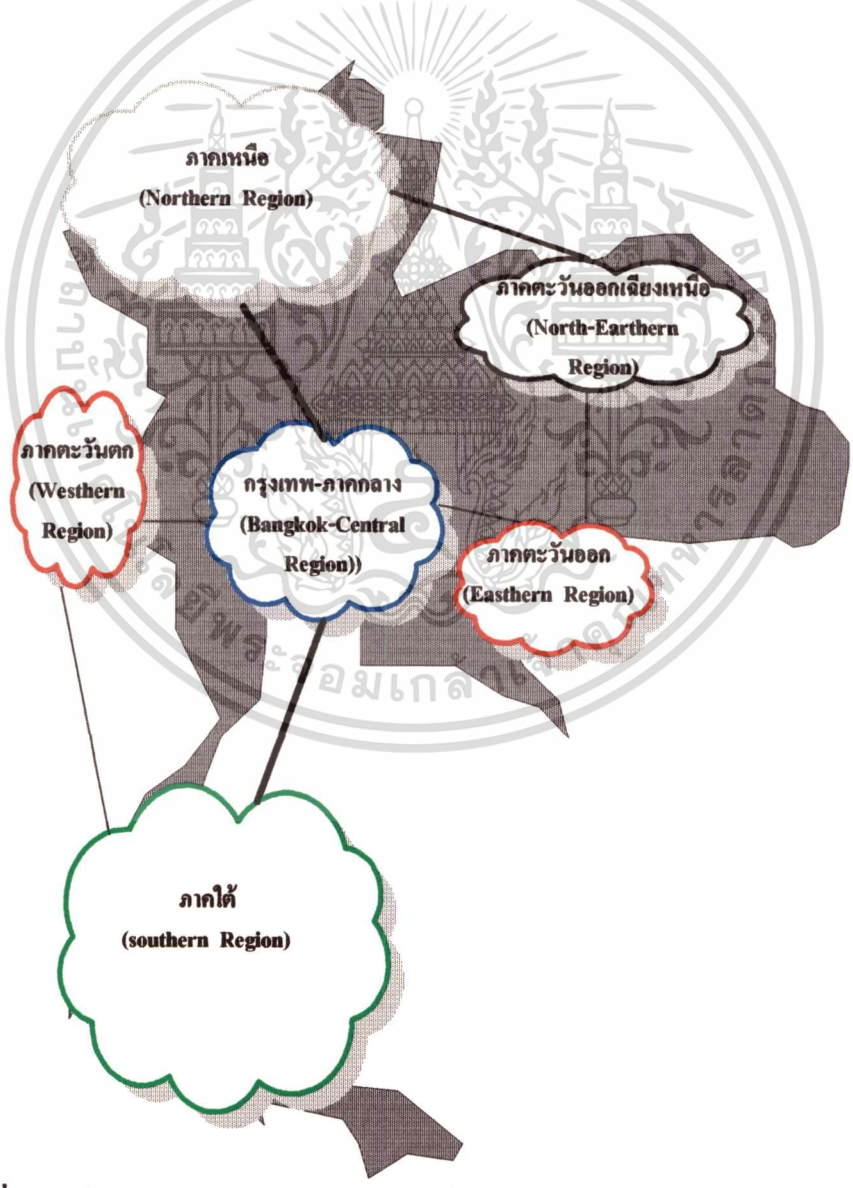
ภาพที่ 2 : การเชื่อมต่อเครือข่ายระหว่างมหาวิทยาลัยและเครือข่ายภายในของแต่ละมหาวิทยาลัย

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

2.6 ประเภทเครือข่าย

การแบ่งเครือข่ายจะแบ่งเป็นเครือข่ายภาค และเครือข่ายตามลำดับ ดังนี้

2.6.1เครือข่ายภาค แบ่งตามลักษณะทางภูมิศาสตร์ และกายภาพของประเทศไทย เป็น เขตกรุงเทพ - ปริมณฑลและภาคกลาง, ภาคเหนือ, ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ, ภาคตะวันออก, ภาคตะวันตก และภาคใต้ โดยที่เครือข่ายในแต่ละภาคจะเป็นเครือข่ายที่สามารถติดต่อสื่อสารกันในภาคได้ และมีการติดต่อสื่อสารกันระหว่างภาคต่างๆโดยมีเครือข่ายในเขตกรุงเทพ-ปริมณฑล ทำหน้าที่เป็นแก่นกลาง (Core) การเชื่อมต่อ การเชื่อมต่อระหว่างภาคต่างๆจะมีเส้นทางการเชื่อมต่อมากกว่า หนึ่งเส้นทาง ดังแสดงในภาพที่ 3



ภาพที่ 3 : เครือข่ายภาคตามลักษณะภูมิศาสตร์ของประเทศ ในเครือข่ายสารสนเทศเพื่อพัฒนาการศึกษา ทบวงมหาวิทยาลัย

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

2.6.2 เครือข่ายตามระดับ แบ่งเป็น

2.6.2.1 เครือข่ายแกนหลัก (Backbone Network) จะเป็นเครือข่ายที่ใช้เป็นเส้นทางหลักในการติดต่อสื่อสารระหว่างมหาวิ ทยาลัย สถานี (node) ในเครือข่ายนี้จะมีเส้นทางการเชื่อมต่อเครือข่ายไม่น้อยกว่าสองเส้นทางเพื่อที่จะได้มีเส้นทางสำรองในการติดต่อสื่อสาร จึงกำหนดให้มหาวิทยาลัยหลักทั้งหมดเป็นสถานีของเครือข่ายแกนหลักเพื่อทำหน้าที่เป็นแม่ข่ายให้กับวิทยาเขตต่างๆ ในภาคที่ไม่มีมหาวิทยาลัยหลักแต่จำเป็นต้องมีสถานีของเครือข่ายแกนหลั กจะเลือกวิทยาเขตที่มีความเหมาะสมทำหน้าที่เป็นสถานีของเครือข่ายแกนหลัก

2.6.2.2 เครือข่ายย่อย (access Node) เป็นเครือข่ายของสถานี หรือ node ที่ทำการเชื่อมต่อการสื่อสารเข้าสู่ระบบเครือข่ายโดยผ่านทางเครือข่ายแกนหลัก โดยได้กำหนดให้มหาวิทยาลัยที่เป็นวิทยาเขต ทำการเชื่อมต่อกับเครือข่ายในลักษณะที่เป็นสถานีของเครือข่ายย่อยนี้

จากลักษณะการแบ่งเครือข่ายออกเป็นเครือข่ายตามภาค , เครือข่ายแกนหลักและเครือข่ายย่อยนั้น ในเครือข่ายแต่ละภาคจะประกอบด้วยทั้งเครือข่ายแกนหลักและเครือข่ายย่อย โดยเครือข่ายแกนหลักของแต่ละภาคจะเชื่อมต่อถึงกันเป็นเครือข่ายแกนหลักระหว่างภาค ดังแสดงในภาพรวมการเชื่อมต่อเครือข่าย

ในส่วนของสื่อสัญญาณ (Transmission) จะขึ้นอยู่กับลักษณะทางภูมิศาสตร์และความพร้อมของสื่อสัญญาณที่มีในแต่ละท้องที่ โดยในกรุงเทพฯจะมีความพร้อมที่จะใช้ Fiber Optic หรือ SDH เป็นสื่อสัญญาณของเครือข่าย ในขณะที่ในเขตภูมิภาคนั้นอาจมีการใช้สื่อสัญญาณเป็นแบบใดทั้งนี้ขึ้นอยู่กับว่าแต่ละสถานที่ ว่ามีสื่อสัญญาณอะไรที่มีให้บริการไปถึงบ้าง

2.7 ประเภทของสถานี (Node) ในเครือข่ายระหว่างมหาวิทยาลัย

ประเภทของสถานีในเครือข่าย (Node) แบ่งออกเป็นประเภทต่างๆ ตามลำดับขนาดและหน้าที่การจัดการ ดังนี้

2.7.1 ศูนย์กลางระบบ (System Center) คือ ทบวงมหาวิทยาลัย ซึ่งจัดเป็นสถานีของเครือข่ายแกนหลัก ทำหน้าที่เป็นศูนย์กลางการควบคุม ดูแลระบบเครือข่ายทั้งหมด ตลอดจนเป็นศูนย์กลางการประสานงานระหว่างมหาวิทยาลัยต่างๆ

2.7.2 ศูนย์ประสาน (Gateway) เป็นสถานีของเครือข่ายแกนหลัก ทำหน้าที่เป็นศูนย์กลางการควบคุมดูแล ระบบเครือข่ายส่วนย่อยที่ได้รับมอบหมาย เป็นตัวเชื่อมระหว่างเครือข่ายแกนหลักไปยังเครือข่ายแกนหลักที่อยู่ในภูมิภาคต่างๆ ช่วยเหลือศูนย์กลางระบบ โดยเฉพาะทางเทคนิค หรือช่วยเหลือการดูแลควบคุมระบบเครือข่ายทั้งหมดให้สามารถทำงานได้ ในกรณีที่ศูนย์กลางระบบมีปัญหาเกิดขึ้น หรือช่วยแบ่งเบาภาระการทำงานของศูนย์กลางระบบ เช่น รับคำสั่งหรือนโยบายใน

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

การทำงานมาจากศูนย์กลางระบบ เพื่อนำมาปฏิบัติอีกทอดหนึ่ง ศูนย์ประสานประกอบด้วย ม. เกษตรศาสตร์ ซึ่งจะเชื่อมต่อเครือข่ายไปยังภาคเหนือ , ภาคตะวันออกเฉียงเหนือและภาคใต้ , สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง จะเชื่อมต่อเครือข่ายไปยังภาคตะวันออก และศูนย์ประสานที่สามคือมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ซึ่งจะทำการเชื่อมต่อไปยังภาคใต้

2.7.3 ศูนย์ภาค (Regional Center) จัดเป็นสถานีของเครือข่ายแกนหลัก โดยเป็นศูนย์กลางของภูมิภาค ทำหน้าที่เป็นศูนย์กลางการควบคุม ดูแล ระบบเครือข่ายส่วนย่อยในภูมิภาค ให้ศูนย์กลางระบบและศูนย์ประสานทั้งสามหน้าที่เปรียบเสมือนเป็นศูนย์ภาค มีทั้งหมด 5 แห่ง ดังนี้ ภาคเหนือเลือกมหาวิทยาลัยเชียงใหม่ , ภาคตะวันออกเฉียงเหนือเลือกมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี , ภาคตะวันออกเลือกมหาวิทยาลัยบูรพา , ภาคตะวันตกเลือกมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์วิทยาเขตกำแพงแสน และภาคใต้เลือกมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

สำหรับกรุงเทพและปริมณฑลซึ่งรวมทั้งภาคกลาง ให้ศูนย์กลางระบบและศูนย์ประสานทั้งสามทำหน้าที่เปรียบเสมือนเป็นศูนย์ภาค

2.7.4 สถานีแยก (Junction) จัดเป็นสถานีของเครือข่ายแกนหลัก ที่มีเส้นทางการเชื่อมต่อมากกว่าสองเส้นทาง ทำให้สถานีนี้สามารถทำการปรับเปลี่ยนเส้นทางของข้อมูลได้ (Routing) มีทั้งหมด 6 แห่ง คือ เขตกรุงเทพและปริมณฑล และภาคกลาง ได้แก่ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย และสถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์ , ภาคเหนือ ได้แก่ มหาวิทยาลัยนเรศวร , ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ได้แก่ มหาวิทยาลัยขอนแก่น , ภาคตะวันออก และภาคตะวันตกไม่มีสถานีแยก เนื่องจากมีมหาวิทยาลัยหลักเพียงแห่งเดียวและทำหน้าที่เป็นศูนย์ภาคแล้ว ส่วนภาคใต้ ได้แก่ มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์

2.7.5 สถานีเครือข่ายแกนหลัก (Backbone Node) เป็นสถานีต่างๆที่มีอยู่บนเครือข่ายแกนหลัก จะมีเส้นทางการเชื่อมต่อกับเครือข่ายแกนหลัก (Backbone Node) อื่นๆมากกว่า 1 เส้นทาง เพื่อสำรองซึ่งกันและกันมีทั้งหมด 12 แห่ง

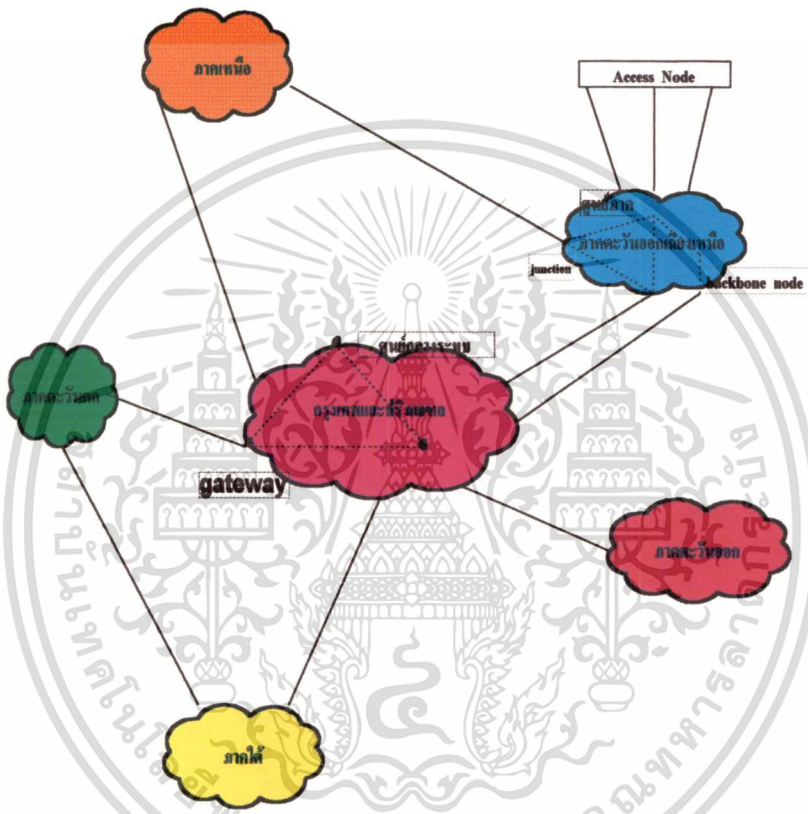
2.7.6 สถานีเครือข่าย (Access Node) เป็นสถานีที่เชื่อมต่อกับสถานีเครือข่ายแกนหลัก โดยวิทยาเขตต่างๆ และมหาวิทยาลัยที่จะมาเชื่อมต่อในอนาคต สถานีเครือข่ายย่อย (Access Node) สามารถแบ่งเป็นประเภทตามการเชื่อมต่อได้เป็น 2 ประเภทคือ

- **ATM Access node** เป็นวิทยาเขตที่อยู่ภายในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑล โดยจะเป็นวิทยาเขตที่ซึ่งการเดินสายเส้นใยนำแสงหรือบริการที่เกี่ยวกับเครือข่าย ATM สามารถเข้าไปถึงได้ มีทั้งหมด 4 แห่ง

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ห้องสมุดคณะเทคโนโลยีสารสนเทศ สจล.

- **E1 Access node** เป็นวิทยาเขตต่างๆที่อยู่ภายนอกเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑล และมีปริมาณการใช้งานเครือข่ายไม่สูงนัก หรือไม่สามารถจัดหาสื่อสัญญาณความเร็วสูงได้ มีทั้งหมด 40 แห่ง สำหรับระบบเครือข่ายตามลำดับดังแสดงในภาพที่ 4



ภาพที่ 4 : ประเภทของสถานีในเครือข่ายสารสนเทศเพื่อพัฒนาการศึกษา ทบวงมหาวิทยาลัย

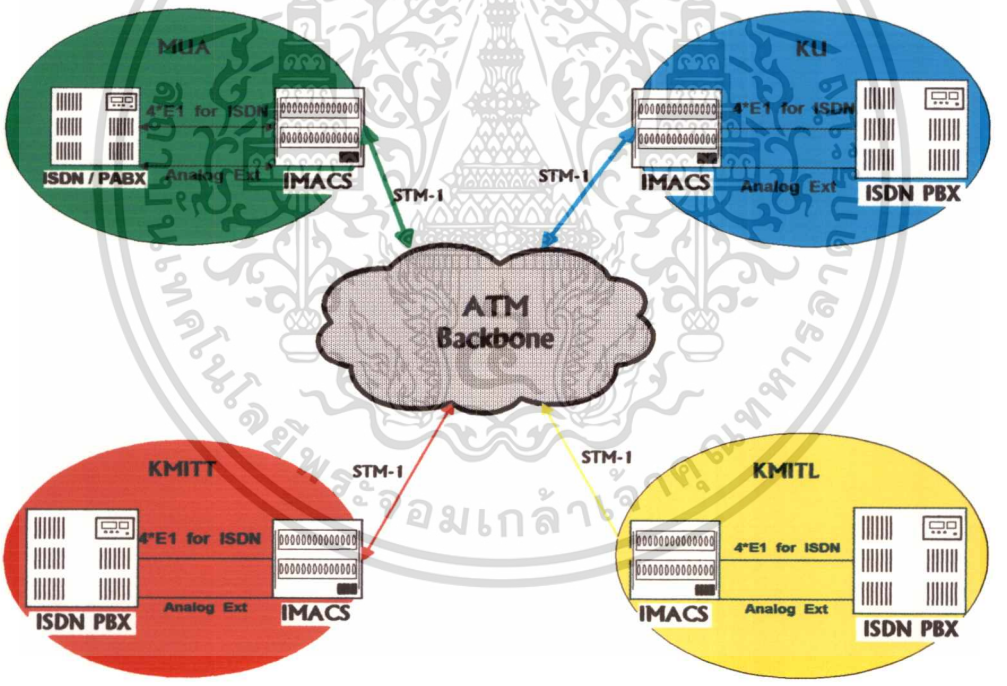
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

2.8 การเชื่อมต่อระบบต่างๆในเครือข่าย

สำหรับเครือข่ายการสื่อสารดังแสดงในรูปที่ 4 สามารถอธิบายเป็นระบบต่างๆได้นี้

2.8.1. Private Circuit-Switched ISDN Network สำหรับ Video Conferencing

การประยุกต์ใช้งาน Video Conferencing อาศัยความก้าวหน้าของเทคโนโลยีการสื่อสารแบบ ISDN โดยอาศัยความสามารถของอุปกรณ์ IMACS Multiplexer และ Siemens Hicom ISDN PABX มีศูนย์ในการควบคุมอยู่ที่สำนักงานปลัดทบวงมหาวิทยาลัย ซึ่งสามารถควบคุมในลักษณะ หลายจุดหรือ Multipoint Control Unit (MCU) ได้ นอกจากนี้ยังติดตั้ง ISDN PABX ที่ศูนย์ gateway ทั้งสามแห่งในกรุงเทพมหานครเพื่อทำหน้าที่เชื่อมต่อระบบไปยังเครือข่ายในแต่ละภาคด้วยการเชื่อมต่อ ISDN PABX 4 ตัว โดยผ่านอุปกรณ์ IMACS ATM Access Multiplexer แล้วผ่าน ATM Backbone จำนวน E1 Interfaces ดังแสดงในภาพที่ 5



ภาพที่ 5 : การเชื่อมต่อ ISDN กับ ATM Backbone

จากรูปจะเห็นจำนวน E1 Interfaces ที่ใช้เชื่อมต่อ MCU มีช่องทางการติดต่อถึงสี่ช่องทาง (4xE1) ซึ่งเพียงพอสำหรับการเรียน/การสอนพร้อมกัน 16 แห่งที่ ความเร็ว 384 Kbps. (16x384 Kbps. = 6144 Kbps.

2.8.2 Router/Internet Wide Area Network

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

Router/Internet เชื่อมต่อจุดทุกจุดของทั้งระบบเดิมและระบบใหม่เข้าด้วยกัน Router/Internet Network เป็นระบบส่วนตัวและจะมี Internet Gateway เพื่อเชื่อมต่อกับระบบ Internet ภายนอกได้ ระบบ Router/Internet ในแต่ละจุดใช้อุปกรณ์ของ CISCO IP Router โดยมีการเชื่อมต่อสัญญาณ 2 แบบ คือ

2.8.2.1 วงจรย่อยถาวร เป็นการกำหนด bandwidth แบบถาวรเพื่อเชื่อมต่อ IP-Router (IP Campus)ในแต่ละเขตภูมิภาคมาที่ Network Gateway ของภูมิภาคนั้นๆ (ม.เชียงใหม่ , ม.สงขลานครินทร์ และม.สุรนารี) โดยกำหนดช่องสัญญาณแบบ Fractional E1 ผ่าน IMACS Multiplexer

2.8.2.2 Frame-Relay ใช้ Frame Rely Concentrator เพื่อเชื่อมต่อระหว่าง Network Gateway ในกรุงเทพมหานคร และในต่างจังหวัด (ระหว่างม.พระจอมเกล้าธนบุรีและม.สงขลานครินทร์ , ม.เกษตรศาสตร์ และม.เชียงใหม่ , ม. เกษตรศาสตร์และม.สุรนารี , สจล.และม.บูรพา) โดยกำหนดช่องสัญญาณแยกเป็น 3 ช่องสัญญาณผ่าน IMACS คือ

- Frame-Relay สำหรับ Router/Internet ขนาด nx64 Kbps.
- Frame-Relay สำหรับCompressed voice/fax ขนาด nx64 Kbps
- ISDN Video สำหรับConference ขนาด nx64 Kbps.

โดยจำนวนรวมของการใช้ช่องสัญญาณทั้ง 3 ประเภท จะต้องไม่เกินขนาด E1 (30x64 Kbps.) ดูรูปที่ 7 ประกอบ

Frame Relay Concentrator ใน IMACS ที่ Network Gateway แต่ละแห่งยังสามารถทำLocal Routing (layer 2) เพื่อบังคับให้ Local Internet Traffic ในแต่ละเขตภูมิภาคไม่จำเป็นต้องผ่านมาที่กรุงเทพมหานคร ทำให้ลดปริมาณข้อมูล Internet ที่จะต้องถูกส่งผ่านวงจร E1 มาที่กรุงเทพฯ และประหยัดค่าเช่าวงจร E1 เพิ่มเติม

การทำงานของ Router/Internet ในโครงการระยะที่ สูงสุดที่ 2 Kbps./ IMACS-port ดังนั้นในระบบ ATM Backbone จะมี Bandwidth ที่ไม่ได้ถูกใช้ประโยชน์อยู่เป็นจำนวนมากเพียงพอสำหรับการขยายตัวในอนาคตเพื่อใช้ Bandwidth ของ ATM Backbone สำหรับ Router/Internet ที่มีความเร็วสูง โดยการใช้อุปกรณ์ที่เหมาะสมเชื่อมต่อโดยตรงกับ ATM Backbone โดยไม่ต้องผ่าน IMACS Multiplexer

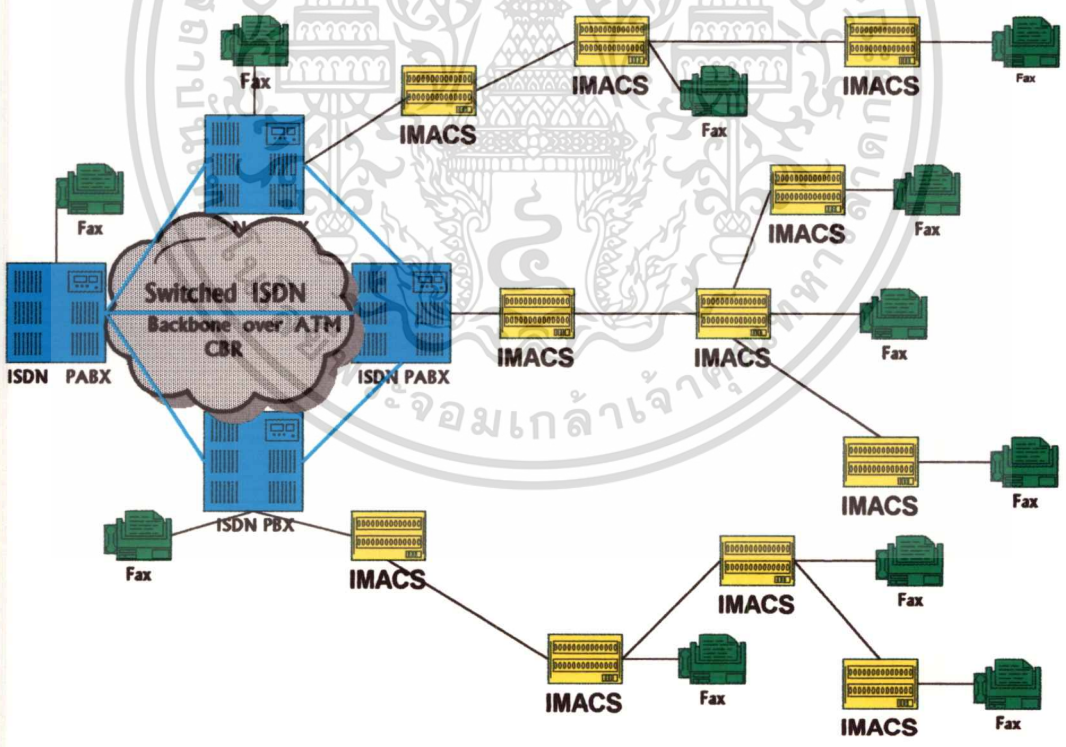
2.8.3. Voice & Fax Network

โทรศัพท์/โทรสารที่ติดตั้งในแต่ละมหาวิทยาลัยเป็นเบอร์ต่อภายในของ ISDN PABX 4 ตัว ที่ติดตั้งที่ Network Gateway ในกรุงเทพฯ ISDN PABX แต่ละตัวจะมี Analog Extension จำนวนเพียงพอกับการใช้งานโทรศัพท์/โทรสารในแต่ละภูมิภาค เครื่องโทรศัพท์/โทร

This material is reserved for educational purposes only. Unauthorized for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

สารปลายทางยังเป็นแบบ Analog อยู่ Voice & Faxlogical Network การเชื่อมต่อระบบโทรศัพท์/โทรสาร แบ่งเป็นดังนี้

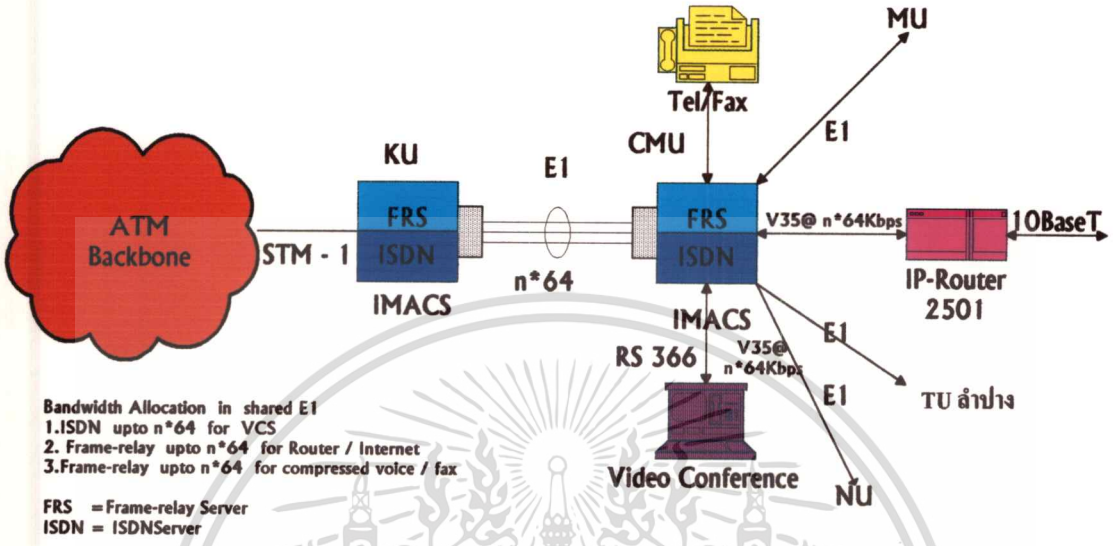
- การเชื่อมต่อตู้ PABX ทั้ง 4 เข้าด้วยกัน ทำได้โดยใช้การ Interface แบบE1 เข้ากับ IMACS และใช้ ATM PVC เชื่อมต่อผ่าน ATM Backbone Network
- การเชื่อมวงจรโทรศัพท์จากเครื่องโทรศัพท์/โทรสารปลายทางมาที่ Network Gateway จะเป็นแบบวงจรย่อยถาวร (Non - Circuit - Switched) ขนาด 64 Kbps. ต่อ 1 คู่สายโทรศัพท์/โทรสาร
- การเชื่อมวงจรโทรศัพท์จาก Network Gateway ต่างจังหวัดมาที่ Network Gatewayที่กรุงเทพฯจะใช้ ACELP Compression โดยลดขนาดวงจรโทรศัพท์ลงเหลือ 8 Kbps. และโทรสารลงเหลือ 9.6Kbps. อุปกรณ์ IMACS สามารถรวมวงจรโทรศัพท์และโทรสารหลายๆวงจร (7 - 8 วงจร) แล้วส่งผ่านช่องสัญญาณขนาด 64 Kbps. เท่านั้น โดยการใช้ Frame-Relay concentration เช่นเดียวกับระบบ IP/Internet ลักษณะการเชื่อมต่อวงจรดังแสดงในภาพที่ 6



ภาพที่ 6 : Voice & Fax Network

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

โดยภาพรวมของทั้งสามระบบในเครือข่ายสารสนเทศเพื่อพัฒนาการศึกษา ทบวงมหาวิทยาลัย สามารถแสดงได้ดังภาพที่ 7



ภาพที่ 7 : การเชื่อมต่อของระบบ VCS , Voice & Fax และ DATA ในเครือข่ายสารสนเทศเพื่อพัฒนาการศึกษา ทบวงมหาวิทยาลัย

2.9 การเชื่อมต่ออุปกรณ์ต่างๆ

การเชื่อมต่ออุปกรณ์ IMACS Multiplexer มี 2 แบบ คือ ต่อตรงกับ ATM Network แบบ STM-1 และต่อเข้ากับเครือข่ายของ TOT แบบ E1

อุปกรณ์การเชื่อมต่อในเครือข่าย

ระบบที่เป็นศูนย์กลาง ศูนย์ประสาน และศูนย์ภาค จะมีอุปกรณ์ คือ

UPS เพื่อทำหน้าที่จ่ายกระแสไฟฟ้าแทนไฟฟ้าหลัก ในกรณีที่ไฟฟ้าหลักดับ โดยสามารถจ่ายแทนได้อย่างต่อเนื่อง และไม่ทำให้อุปกรณ์ที่ต่อใช้งานอยู่ทั้งหมดทำงานขาดช่วง หรือเริ่มทำงานใหม่ ในภาวะที่ระบบไฟฟ้าหลักสามารถทำงานได้ตาปกติ UPS ต้องทำหน้าที่ป้องกันอุปกรณ์ที่ต่ออยู่จากเหตุการณ์ดังนี้ ไฟฟ้าตก ไฟฟ้าเกิน ไฟฟ้าขาด หรือ ไฟฟ้ากระชากหรือการรบกวนจากสัญญาณอื่น

ATM Switch สำหรับทำหน้าที่ในการ multiplex และจัดส่งข้อมูลตามที่กำหนดในส่วนหัวไปสู่ปลายทาง

ATM Router สำหรับ เป็นอุปกรณ์หาเส้นทาง

ATM Lan Switch สำหรับเชื่อมต่อเครือข่ายในส่วนผู้ใช้แต่ละแห่ง

This material is protected by copyright and for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ATM MUX	สำหรับเชื่อมต่อเครือข่าย Backbone เข้าสู่เครือข่ายภายใน (Campus Network) โดยใช้ Synchronous Port สำหรับแปลงสัญญาณ
NMS	สำหรับการบริหารจัดการเครือข่าย
MCU	สำหรับควบคุมการเชื่อมต่อเครือข่ายหลายจุด
VOD Server	สำหรับ สนับสนุนระบบการศึกษาตามความต้องการ (Education on Demand) ซึ่งเป็นการบันทึกภาพจากการสอนจริงในห้องเรียน
PBX	สำหรับ การเชื่อมต่อระบบโทรศัพท์ ทั้งภายใน - ภายนอก เฉพาะการสื่อสารในโครงการนี้เท่านั้น
CAI Server	สำหรับบรรจุบทเรียนสำเร็จรูป สำหรับการเรียนรู้ด้วยตนเองหรือการทบทวน

สำหรับที่ศูนย์กลางระบบ จะมี Internet Gateway เพื่อความสะดวกในการขยายระบบให้สามารถเชื่อมต่อระบบ Internet ได้ต่อไป และที่ศูนย์ประสาน และศูนย์ภาค จะติดตั้ง E1 Router เพิ่มเติม สำหรับสำหรับสถานีแยก สถานีเครือข่ายแกนหลัก และสถานีเครือข่ายย่อย จะติดตั้งเฉพาะ UPS และอุปกรณ์ในการเข้าถึงบริการของศูนย์เท่านั้น (ATM Switch , ATM Router , ATM LAN Switch , ATM MUX และ Router)

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

บทที่ 3

เทคโนโลยี Voice over Internet Protocol (VoIP)

3.1 พัฒนาการของ VoIP

- ก่อนปี 1995

เป็นเพียงกิจกรรมนันทนาการของนักคอมพิวเตอร์ ในการประยุกต์การติดต่อกันผ่าน PC ด้วยเสียงพูด โดยอาศัยการเสริมระบบ multimedia บนเครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล ไม่สามารถนำมาเพื่อดำเนินการเชิงธุรกิจได้ (ยังไม่ใช่ แนวคิดของ VoIP) การติดต่อของคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลถูกจำกัดเฉพาะในเครือข่าย LAN เดียวกัน

- ปี 1995

บริษัท Vocal Tech ได้ผลิต Internet Telephony Client Software ชื่อ Internet Phone (ปัจจุบันได้พัฒนามาจนถึง Version 5) ทำให้คอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลสามารถคุยกับคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล ผ่าน Internet ได้ แต่ต้องมีระบบ multimedia (ไมโครโฟน, ลำโพง และ sound cards) สำหรับในปัจจุบันมีผู้ผลิตหลายราย ได้แก่ NetMeeting ของ Microsoft , Net2Phone ของ Net Speak 's Webphone หรือ Phone Free v. 3.1

- ปลายปี 1996

เริ่มมีการพัฒนา GATEWAY ออกใช้ และมีการประชุมขององค์กรที่จับธุรกิจ VoIP. ประมาณ 40 องค์กร ซึ่งรวมทั้งบริษัทยักษ์ในวงการ (เช่น Cisco , Dialogic , Micom , Microsoft , NetSpeak , Nortrel , Vianna Systems , Vocaltec และ Voxware.) เพื่อทำความตกลงในเรื่องแนวทางการดำเนินงาน VoIP. ในแนวทางเดียวกัน เพื่อให้ผลิตภัณฑ์ต่างๆที่สนับสนุน VoIP ทำงานร่วมกันได้ ผลจากการประชุมในครั้งนี้ ผู้ดำเนินการเกี่ยวกับ VoIP ได้ตกลงรับรองมาตรฐาน H.323 ของ ITU เป็นแนวทางการปฏิบัติในการรับ-ส่งข้อมูลด้วยระบบ multimedia บน IP โดยมาตรฐานนี้ได้กล่าวถึง audio - video codecs (coder-decoder) , communication protocols และ packet synchronization แต่มาตรฐานนี้ยังไม่ได้กล่าวถึงวิธีการเข้ารหัส(encoding scheme) , การจัดลำดับความสำคัญข้อมูล (prioritization) และระบบความปลอดภัย (security) และมาตรฐานนี้ยังคงใช้มาจนถึงปัจจุบัน โดยที่ผู้ผลิตอุปกรณ์ VoIP หลายบริษัทได้ประกาศว่าสินค้าของตนเองสนับสนุนมาตรฐานนี้ เช่น VocalTech , Clarent , Dialogic , Array Telecom , Micom , Microsoft, Inter-Tel ,

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

Brooktrout และ Intel จากปัญหาบางอย่างที่มาตรฐาน H.323 ยังไม่สามารถแก้ไขได้ จึงได้มีการรับรองให้ทุกบริษัทที่ผลิตผลิตภัณฑ์สนับสนุน VoIP รับเอามาตรฐาน G.723.1 Codec ของ ITU อีกหนึ่งมาตรฐาน เพื่อสนับสนุนการแปลงสัญญาณเสียงให้เป็นสัญญาณดิจิตอล (mechanism for encoding voice) ซึ่งทั้ง Microsoft และ Intelได้ประกาศให้การสนับสนุนมาตรฐานนี้ เนื่องจากมาตรฐานนี้ช่วยให้การทำงานร่วมกันของอุปกรณ์ต่างๆดีขึ้น และยังสามารถบีบอัดข้อมูลจากการใช้แบนด์วิดท์ขนาด 64 Kbps. ให้เหลือ 6.3 หรือ 5.3 Kbps. ด้วย ทั้งนี้ขึ้นกับการ configuration

- ปี 1997

เกิดการรวมตัวของ ISP เป็น ITSP.(Internet Telephony Service Provider) ในลักษณะ Joint marketing Agreement (Delta Three , Biztrans Technology , Pacific Net , Net Tel , Halictom , Access Power) โดยใช้ Client Software คือ Internet Phone 5 ของ Vocaltec. เป็นแกนกลาง และ server Volcatec telephony gateway 3.1 เป็นมาตรฐาน ซึ่งถือเป็นผลลัพธ์การดำเนินการในลักษณะ client /server รุ่นแรกในตลาด ITSP โดยที่ผู้ใช้บริการ PC - to - Phone สามารถเชื่อมต่อบริการจาก ITSP. รายใดก็ได้โดยอาศัย gateway จากผู้ผลิตรายใดก็ได้ เพื่อเชื่อมคอมพิวเตอร์ไปยังโทรศัพท์ ซึ่งบริการนี้มีในหลายพื้นที่ เช่น ฮ่องกง อังกฤษ ฝรั่งเศส มอสโคว ญี่ปุ่น ไบจิง และเมืองใหญ่ๆ ของสหรัฐอเมริกา โครงการนี้ได้รับการพัฒนามาจนปี 1998 โดยบริษัท โวลคาเทค คอมมิวนิเคชั่น จำกัด ได้ประกาศเปิดตัวเครือข่ายเสมือนจริงซึ่งเป็นเครือข่ายโทรศัพท์อินเตอร์เนตแห่งแรกในโลก ตามแผนโครงการบริการโทรศัพท์แห่งอนาคตชื่อ NextGen Telephony Program หรือเน็กเจน โดยการเชื่อมโยงชุมสายโทรศัพท์อินเตอร์เนตเข้าด้วยกัน (ลักษณะ PC -to - PC) โดยมีการกำหนดค่าบริการตามจุดหมายแต่ละแห่งในอัตราต่างกันเล็กน้อย

ในปีเดียวกันนี้ได้เกิดการให้บริการในลักษณะ Global Exchange Carrier ร่วมกับ 11 ISP เพื่อให้บริการ Global Network for Carrying Voice over IP. ให้บริการในหลายพื้นที่ เช่น อเมริกา อังกฤษ สวิตเซอร์แลนด์ เยอรมัน ออสเตรเลีย นิวซีแลนด์ ญี่ปุ่น เกาหลี และอิสราเอล กลุ่มบริษัท ITXC (Internet Telephony Exchange Carrier) ได้สร้างเครือข่าย Intranet ของตนขึ้นมา และให้บริการแก่ ITSP โดยให้มีการเชื่อมต่อ Gateway ของ ITSP เข้ามาใน leased line ของ Intranet ของบริษัท ซึ่งเป็นเครือข่ายส่วนตัวของบริษัท ทำให้คุณภาพของเสียงดีกว่าการส่งบน เครือข่ายสาธารณะ Internet

- ปี 1998

เทคโนโลยี IP Telephony ยังคงได้รับความสนใจและได้รับการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง เช่น บริษัท ซิสโก้ ซิสเต็มส์ ประเทษไทย ร่วมกับบริษัทฮิตาชิ เซมิคอนดักเตอร์ อิงค์ ผลิตชุดคำสั่ง

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

โปรแกรมซึ่งเป็นการรวมซอฟท์แวร์ Cisco Network Program และฮาร์ดแวร์ Hitachi SuperH RISC เพื่อให้นำชุดคำสั่งโปรแกรมไปใช้ในการบรรจุฟังก์ชั่นโทรศัพท์ IP ลงในโมเด็ม

นอกจากนี้บริษัทลูเซนต์เทคโนโลยีส์ เปิดตัวซอฟท์แวร์ PacketStar IP Services Platform หรือเรียกว่า Software Switch เพื่อให้เกตเวย์ หรือชุมสายโทรศัพท์อินเตอร์เนตของผู้ค้าต่างๆทำงานร่วมกันได้อย่างกลมกลืน ช่วยให้ผู้ให้บริการเครือข่ายนำเสนอบริการอัจฉริยะ (Intelligent Network) เช่น call waiting , call forwarding หรือ billing) ได้สะดวกขึ้น

IDT ร่วมกับ IBM โดยซอฟท์แวร์ Net 2 Phone จะรวมอยู่ในชุดซอฟท์แวร์เข้าถึงอินเตอร์เนตมาตรฐานของ IBM และ IBM ได้ติดตั้งปุ่มไว้บน Web site ของ IBM.net เพื่อให้ผู้ใช้คลิกเข้าไปดาวน์โหลดซอฟท์แวร์ของ IDT ผ่านเว็บไซต์ (สยามธุรกิจ 4 - 30 พค 2541:21)

Cisco พัฒนาอุปกรณ์ในการใช้เทคโนโลยี VoIP โดยรวบรวมข้อมูลเสียงและภาพผ่านระบบเครือข่ายเข้าด้วยกัน เสียงชัดเจนเหมือนโทรศัพท์ ไม่ดีเลย์เหมือนการใช้อินเตอร์เนตโฟน (สยามธุรกิจ. 4-10 ตค 2541: 23)

Sprint.corp พัฒนาโครงการลับ "Project Fast Break" ให้กำเนิดสถาปัตยกรรมเทคโนโลยี "Integrated On - Premise Network" หรือ "ION" ทำงานบนโครงข่ายหลักระบบ ATM และ SONET โดยผู้ใช้เสียเงินค่าอุปกรณ์รับเท่านั้น (ผลิตโดย บ.เรดิโอแซต) โดยทำหน้าที่เสมือนศูนย์รวมอุปกรณ์สื่อสารภายในบ้านทั้งหมด เชื่อมต่อกับเครือข่ายหรือโหนดบริการ ระบบไอออน (ION Service Node) ที่โหนดบริการจะใช้อุปกรณ์สวิตซ์ระบบ ATM ที่เรียกว่า Magellon Vector หรือ Magellon Parpart

3.2 รูปแบบการใช้งาน VoIP ในทางปฏิบัติ

เทคโนโลยี VOIP Network ได้รับการพัฒนาออกมาและถูกนำไปประยุกต์ใน 2 ลักษณะ

1. ***Desktop Approach*** แนวคิดเป็นลักษณะ Computer Telephony Integration (CTI) ซึ่งไม่ใช่ลักษณะการใช้ทรัพยากรร่วมกันในเครือข่าย เพราะผู้ใช้แต่ละคนในองค์กรต้องมี terminal ที่ต้องมี VoIP ติดตั้งอยู่

2. ***Shared Approach*** เป็นเทคโนโลยีสำหรับเครือข่ายที่มีการใช้ทรัพยากรร่วมกัน โดยอาศัย VoIP Server การพัฒนามี Lucent Technologies เป็นผู้นำในการพัฒนาโดยในปี 1997 ได้ออกผลิตภัณฑ์ Internet Telephony Server (ITS) ซึ่งทำให้ Carrier เปิดให้บริการ โทรศัพท์ทางไกล หรือเพิ่มศักยภาพการส่งข้อมูลโดยการเพิ่มในส่วนเสียงเข้าไปด้วย การทำงานของ ITS จะทำงานในระดับของผู้ใช้ เช่นเดียวกับ PBX T - line.

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

3.3 ประเภทของ Internet Telephony

จำแนกออกได้เป็น 3 ประเภท คือ PC-to - PC , PC - to -Phone และ Phone - to - Phone

3.3.1 PC - to - PC

เป็นลักษณะ value - added ในการใช้ Internet การใช้เทคโนโลยี VoIP ลักษณะนี้ ผู้เรียก และผู้ถูกเรียก จะต้องมีคอมพิวเตอร์ที่ต่อ Internet อยู่ และคอมพิวเตอร์ทั้งสองฝ่ายต้องมีระบบ mutimedia (ไมโครโฟน, ลำโพง, การ์ดเสียง) ซึ่งถ้าจะให้การสนทนาเหมือนระบบโทรศัพท์ธรรมดา ควรเลือกใช้ชนิด Full duplex, ชุด Internet Telephony Client Software เช่น NetMeeting ของ Microsoft Corporation , Inter Net Phone ของ Volcatec., Televox ของ Voxware

สำหรับ sound card ต้องเลือกใช้ที่มีคุณภาพดี เพื่อให้คุณภาพเสียงออกมาใช้ได้ ในท้องตลาดที่มีจำหน่าย เช่น ESS Audiodrive , sound blaster 16 , Diamond , Yamaha. สามารถจะนำมาใช้โดย sound card เหล่านี้จะทำหน้าที่เกี่ยวกับ Digital signal processing (DSP) โดยการแปลงข้อมูลเสียงพูด (analog) จากไมโครโฟนให้เป็นรูปพลังงานไฟฟ้า ในรูปสัญญาณพลังงานต่ำ ซึ่งจะถูกส่งต่อไปยังตัวบันทึกดิจิตัล ซึ่งจะทำการวัดเสียงที่ส่งเข้ามา 8000 ครั้ง ต่อวินาที ซึ่งเป็นการแปลงสิ่งที่ทำให้มีความละเอียดของตัวอย่างเพียงพอที่จะอธิบายรูปแบบคลื่นของเสียงเดิมได้ถูกต้อง ทำให้คุณภาพเสียงใกล้เคียงเสียงพูดเดิม ซึ่งจะทำให้เสียงพูดใช้ bandwidth 64 Kbps. (8x8000 บิต) จากนั้นจะทำการบีบอัดสัญญาณนี้ให้มีขนาดเล็กลง ซึ่งถ้าดำเนินการตามมาตรฐาน G.729 จะสามารถบีบอัดเหลือเพียง 8 Kbps. แต่ถ้าใช้ algorithm การบีบอัดแบบ proprietary คืออาจจะลดต่ำได้ถึง 5.3 Kbps. ขึ้นกับผู้ผลิต sound cards แต่ละราย

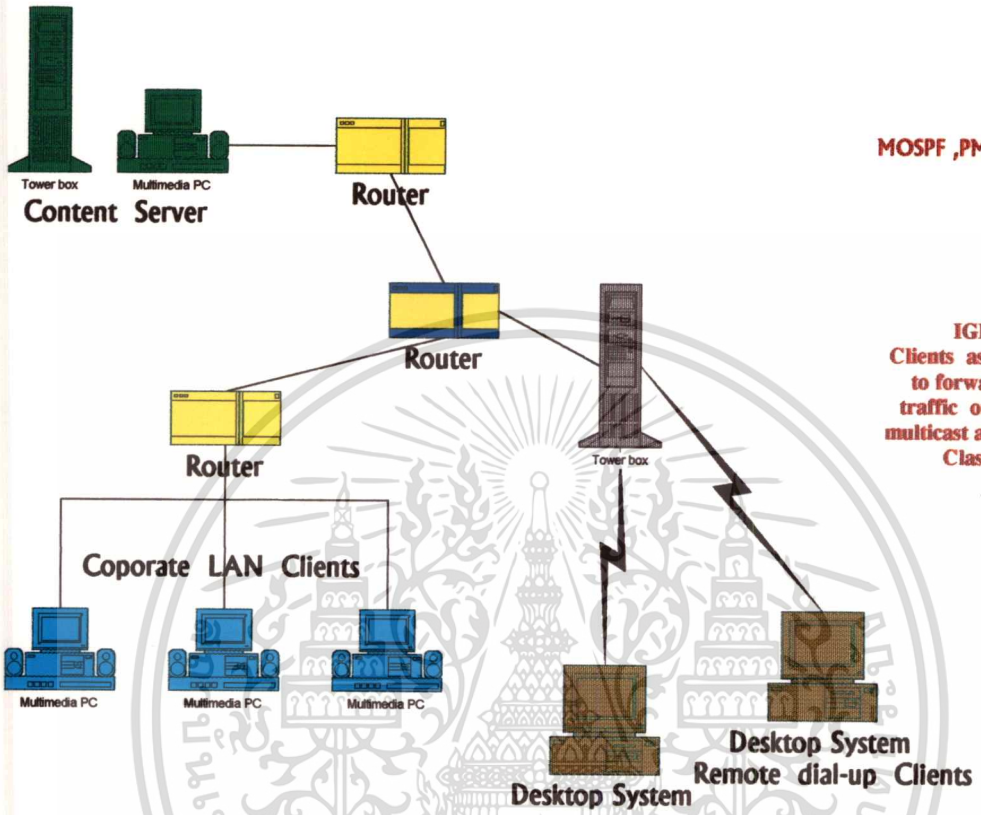
เทคโนโลยี VoIP แบบ PC - to - PC นี้ ในปัจจุบันยังมีข้อจำกัด ดังนี้

1. ผู้เรียก และผู้ถูกเรียกจะต้องเชื่อมต่อกับ Internet ตลอดเวลา สำหรับในเมืองไทยบริการอินเตอร์เน็ต โดย ISP. ยังเรียกเก็บค่อนข้างสูง อาจจะถูกจำกัดวงการใช้

2. โปรแกรม Internet Telephony Client Software ระหว่างผู้เรียกและผู้ถูกเรียกต้องเป็นโปรแกรมเดียวกัน เนื่องจาก Software เหล่านี้มีลักษณะ proprietary ยังขาดคุณสมบัติการทำงานร่วมกัน (Interoperability)

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ตัวอย่าง : ชุดผลิตภัณฑ์ NetMeeting ของ Microsoft Corporation



ภาพที่ 8 : สถาปัตยกรรม NetMeeting

(Delivering Voice Over IP 1998 : 225)

3.3.2 PC - to - Phone

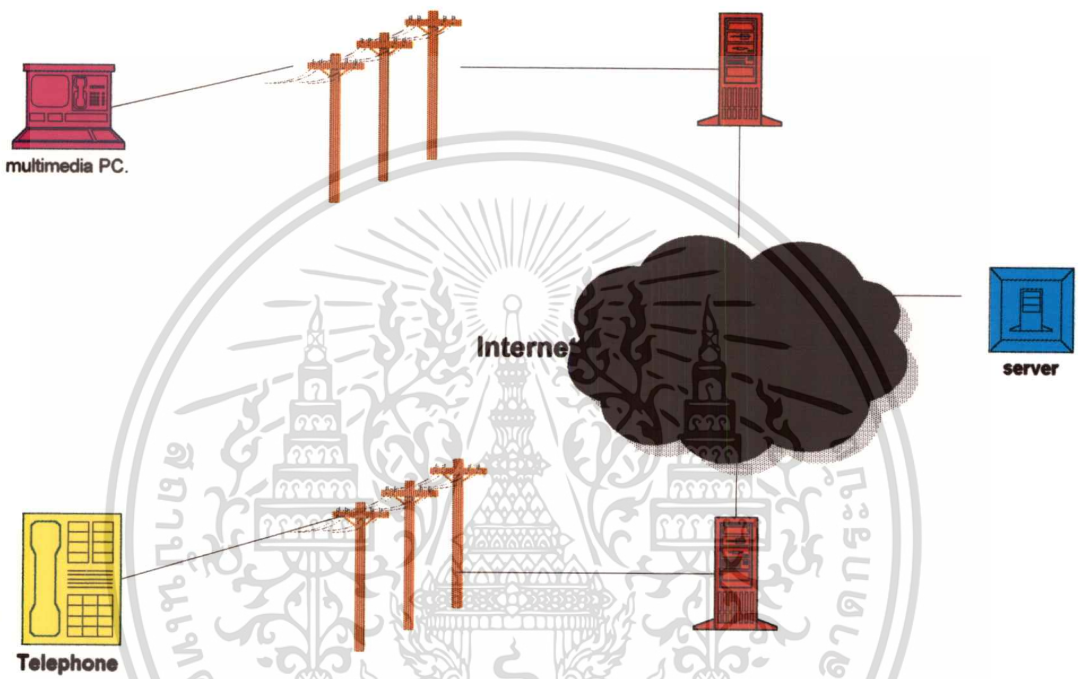
VoIP ในลักษณะนี้น่าจะทำตลาดได้ดีกว่าแบบ PC - to - PC เนื่องจากเฉพาะผู้เรียกเท่านั้นที่ต้องใช้คอมพิวเตอร์ต่ออินเตอร์เน็ตอยู่ ในด้านผู้รับจะเป็นโทรศัพท์ตามบ้านธรรมดา โดยที่ต้องเป็นอุปกรณ์เกตเวย์ ในส่วนผู้รับเพื่อเชื่อมการสื่อสารระหว่างอินเตอร์เนต กับ ระบบโทรศัพท์ธรรมดา การทำงานของเกตเวย์ดังสรุปในรูปที่ 12 (มีรายละเอียดเพิ่มเติมเกี่ยวกับเกตเวย์ ในหน้า 29)

การทำงาน : ผู้เรียกจะใช้ Client software เช่น Net 2 Phone เพื่อเชื่อมต่อการใช้ VoIP ในลักษณะ PC - to - Phone โดยการทำงานฝ่ายผู้เรียกจะคล้ายกับลักษณะ PC - to - PC เมื่อ Packet ข้อมูลเดินทางไปถึงผู้รับ เกตเวย์จะทำหน้าที่แปลงข้อมูล digital ไปเป็นข้อมูล analog และหาเส้นทางเข้าสู่ระบบโทรศัพท์ของฝั่งผู้ถูกเรียก ในด้านค่าใช้จ่าย IDT Corp. คิดค่าให้บริการในอัตรา 4 บาทต่อนาที ดังนั้นหากผู้ใช้ต้องการโทรศัพท์ทางไกลจากประเทศไทยไปอเมริกาจะเสียค่าบริการคือ ค่าบริการอินเตอร์เนตประมาณ 30 บาทต่อชั่วโมง หรือ 0.5 บาทต่อนาที รวมกับค่า

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

บริการ Net2Phone 4 บาทต่อครั้ง และค่าต่อโมเด็มเข้าสู่ ISP 3 บาทต่อครั้ง ดังนั้นจะเสียค่าบริการประมาณ 7.50 บาทต่อนาทีเท่านั้น ซึ่งสามารถลดค่าใช้จ่ายจาก 40 บาทต่อนาทีหากใช้บริการผ่านการสื่อสารแห่งประเทศไทยในลักษณะเดิม

ตัวอย่าง : ชุดผลิตภัณฑ์ Net2Phone ของ IDT Corporation



ภาพที่ 9 : สถาปัตยกรรม Net2Phone

(Delivering Voice Over IP 1998 : 227)

3.3.3 Phone - to - Phone

การบริการในลักษณะนี้เกิดขึ้นในช่วงระยะเวลาไม่นาน นับได้ว่าเป็นการปรับโฉมธุรกิจบริการโทรศัพท์ โดยที่ผู้ใช้ไม่ต้องลงทุนอะไรเพิ่มเติมเลย การใช้งานยังคงใช้เครื่องโทรศัพท์เหมือนเดิม การเปลี่ยนแปลงจะเปลี่ยนแปลงเฉพาะในส่วนโครงข่ายเท่านั้น ด้วยการเปลี่ยนจากชุมสายโทรศัพท์แบบเดิมมาเป็นโครงข่ายอินเตอร์เนตเพื่อรองรับการใช้เทคโนโลยีนี้ และในแต่ละด้านของผู้ใช้จะต้องมี Internet Gateway หรือถ้าเป็นเครือข่ายส่วนตัวก็สามารถดำเนินการดังกล่าวเพียงแต่ติดตั้ง gateway ที่สนับสนุนแอพพลิเคชั่น VoIP

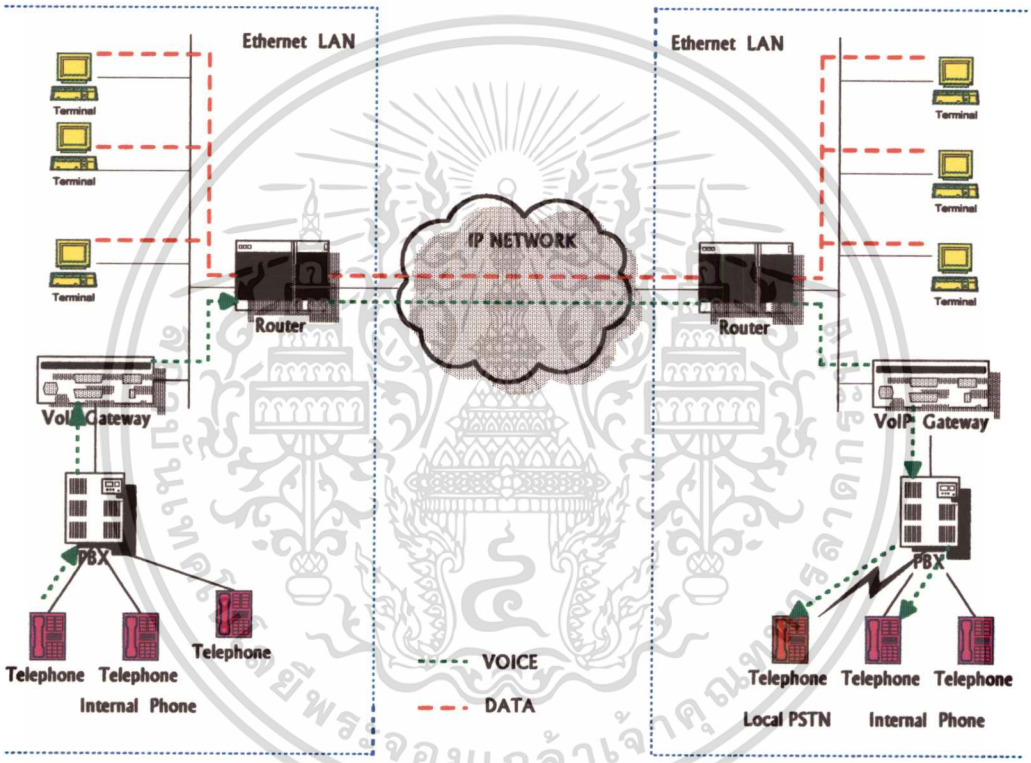
กลไกการทำงาน เมื่อต้องการใช้งาน ผู้เรียกซึ่งมีอุปกรณ์เครื่องโทรศัพท์มาตรฐานเชื่อมต่อเข้ากับ gateway ด้วย Interface Cards จะต้องกดเบอร์โทรศัพท์ไปที่ Local Phone Internet Gateway ที่ใกล้ที่สุดด้วยการใส่รหัสประจำในการเข้าใช้บริการของ gateway นั้นๆ ใส่หมายเลข

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

บัญชีลูกค้ากับ ISP. (เพื่อ authentication และ billing) ใส่หมายเลขปลายทางที่ต้องการติดต่อ Gateway จะทำการติดต่อกับผู้รับปลายทางโดยผ่านเครือข่ายอินเตอร์เนต ไปที่ Internet Gateway ที่ใกล้ผู้รับปลายทางมากที่สุด

การให้บริการ Phone - to - Phone ยังอยู่ในขั้นเริ่มต้นโดย IDT - Corporation เริ่มเปิดตัวให้บริการ (เดือนสิงหาคม 1997 ที่ผ่านมา) ระหว่างประเทศสหรัฐอเมริกากับแถบยุโรปในอัตราค่าบริการ 4 บาท / นาที

ตัวอย่าง : Phone-to Phone



ภาพที่ 10 : สถาปัตยกรรม Phone-to-Phone

(Data Communication 1998 : 5)

การให้บริการในลักษณะ Phone - to - Phone นี้ได้มีโครงการนำร่องชื่อ Free World Dial Up (FWD I และ II) ผู้ใช้สามารถเข้าร่วมโครงการในสองลักษณะ คือ FWD Server Operator ซึ่งต้องมีค่าใช้จ่ายในด้านอุปกรณ์ หรือในลักษณะ FWD User ต้องสมัครเป็นสมาชิก FWD เพื่อให้ได้ account number มาโดยการใช้บริการจะไม่เสียค่าบริการแต่ห้ามนำไปหารายได้ในเชิงธุรกิจ

นอกจากนี้สถาบันโทรคมนาคมแห่งยุโรป (European Telecommunications Standard Institute : ETSI) ได้ประกาศตั้งโครงการ Tiphon ซึ่งเป็นการศึกษาในการผนวกเทคโนโลยีการสื่อ

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ผ่านโครงข่ายอิ นเตอร์เนต โดยดำเนินการเป็นสามระยะ คือในระยะแรกเป็นการพัฒนาการเรียกจากพีซีไปยังโทรศัพท์ธรรมดาและ โทรศัพท์มือถือ ระยะที่สองเรียกจากโทรศัพท์ธรรมดาและโทรศัพท์มือถือเข้าไปยังเครื่องพีซี และในระยะสุดท้ายจะเป็นการใช้อินเตอร์เนตเข้ามาให้การบริการโทรศัพท์อย่างเต็มรูปแบบ

อนาตคและการดำเนินธุรกิจ Phone - to - Phone นั้นผู้ใช้โดยเฉพาะ ISP ใดๆสามารถที่จะเป็นผู้ให้บริการ Internet Telephony ได้โดยเสียค่าใช้จ่ายเกี่ยวกับการติดตั้งอุปกรณ์การให้บริการเพิ่มเติมคือ เครื่องคอมพิวเตอร์พีซี (ประมาณ 600,000 บาท) ระบบปฏิบัติการ Window NT (ประมาณ 10,000 บาทขึ้นไป) อุปกรณ์ line Interface Card (ประมาณ 12,000-24,000 บาท) และซอฟท์แวร์สำหรับเกตแวร์ (ประมาณ 48,000-54,000 บาท) ราคาค่าอุปกรณ์ในการติดตั้งโฟนอินเตอร์เนตเกตแวร์แบบ 8พอร์ตตกประมาณ 720,000 บาท เพื่อรองรับการให้บริการ 8 คู่สายพร้อมกัน ซึ่งเป็นการลงทุนที่น้อยกว่าในระบบแบบเดิมมากเพราะสวิตชิ่งโทรศัพท์หนึ่งตัวมีราคาสูงถึง 20 ล้านบาท

ในลักษณะการทำงานของ PC-to-Phone (Phone-to-PC) หรือ Phone-to-Phone ต้องอาศัยการทำงาน ของ gateway เป็นอย่างมาก รายละเอียดเกี่ยวกับ gateway ให้ดูในส่วนของ gateway หัวข้อ 8.1.4

3.1.4 GATEWAY

เป็นอุปกรณ์สำคัญสำหรับการประยุกต์งาน VoIP เนื่องจากเป็นตัวเปลี่ยน (Convert) เสียงจากโทรศัพท์เป็น IP - Packet (Packetize voice traffic) และจัดส่ง packet ข้อมูลเสียงเข้าสู่เครือข่าย เมื่อถึงปลายทาง packet ข้อมูลเสียงนี้จะถูก depacketized และส่งต่อไปยังปลายทาง ทาง local phone line

ประเภท gateway ถูกผลิตออกมาใน 2 ลักษณะ

1. ROUTER หรือ RAC (Remote Access Concentrator) โดยต้องใช้ร่วมกับ VoIP Card
2. Standalone Chassis หรือ PC - Server โดยใช้ร่วมกับ Voice card

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

คุณสมบัติของ Gateway แต่ละประเภท

ROUTER	STANDALONE
1. การทำงานเร็วกว่า เนื่องจากจัดส่ง packet ข้อมูลไปที่ router queue และออกสู่ WAN ทางWAN Interface เลย 2. Limited prioritization	1. การทำงานล่าช้ากว่า เนื่องจากข้อมูลจะถูกส่งไปที่ Ethernet interface แล้วจึงส่งผ่านไปที่เครือข่าย LAN ไปที่ router 2. ไม่สามารถผลักดัน packet ข้อมูลเสียงไปที่ head of router queue ได้ 3. ในภาวะ multivendor netware จะดีกว่าในแง่จำกัดการไม่สามารถทำงานร่วมกันของอุปกรณ์

◆ การเลือก GATEWAY

1. ในภาวะแวดล้อมแบบ multivendor network การเลือกใช้ standalone device จะดีกว่า

2. ขนาดองค์กร (size) ถ้าองค์กรใช้บริการโทรศัพท์ทางไกลไม่มาก ใช้ voice card เสียบเข้าไปที่เครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล หรือ Standalone Chassis จะดีกว่า เช่น voice card ของ Hypercom. Inc (Phoenix), Micom , Phonet Communication Ltd., RAD vision โดยที่การ์ดหนึ่งสามารถจะต่อสายได้ 4 - 8 สาย และถ้าต้องการมากกว่านี้ อาจใช้ 24 - port T_1 (1.544 Mbps) card ก็ได้ ซึ่งในปัจจุบัน 3/4 ของผู้ผลิต (vendors) จะสนับสนุน feature นี้

3. ความสามารถในด้านการขยาย (Scalability) ขึ้นกับจำนวน slot ใน chassis หรือในPC - Server เช่นของ Netrex Corp. จะผลิต chassis ที่มี 7 slot นั่นหมายถึง 1 กล่อง สามารถรับสายโทรศัพท์ได้ถึง 168 สายพร้อมกัน โดยทั่วไป Server - based gateway สามารถรับได้ 96 สาย เนื่องจากเครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลโดยทั่วไปจะมี slot สำรอง 4 slot ดังนั้นผู้ผลิตมักผลิตการ์ดที่มี 4 port/card ทำให้รับสายโทรศัพท์ในเวลาเดียวกันได้ 24 สาย ปัจจุบันกล่องที่ใหญ่ที่สุดจะเป็นของ IEN 6000 จาก Hyper com. ซึ่งสามารถขยายกำลังได้ถึง 1024 สายต่อ port คาดว่า ACT Network Inc.จะผลิต Voice card ที่รับได้ 10560 สาย หลาย vendor ได้ผลิตอุปกรณ์ gateway ซึ่งในแต่ละ gateway จะเป็นทั้งฮาร์ดแวร์และซอฟท์แวร์ด้วย เช่น Micom Lucent ITS เป็นต้น gateway เหล่านี้จะมีความสามารถในการทำงานได้กับ PBX ในปัจจุบัน LAN WAN Router หรือ Switcher ต่างๆได้ โดยการใช้งานจะใช้ทั้ง PC-bus compatible Interface Card ซึ่งจะ เชื่อมต่อปลายกับ PBX ตรงส่วนนี้จะทำหน้าที่ บีบอัดสัญญาณเสียง ส่งสัญญาณเสียงเข้าไป IP Datagram และดำเนินการตามคำขอของซอฟท์แวร์ในส่วนของผู้ใช้บริการ โดยในการทำงาน

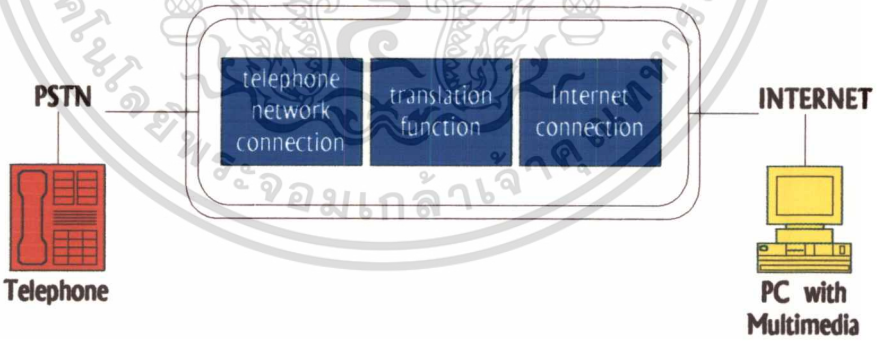
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ของเกตเวย์ ต้องเลือกให้เหมาะกับระบบปฏิบัติการของเครือข่าย เกตเวย์แต่ละตัวจะเก็บหมายเลขโทรศัพท์ และ IP Address ไว้ในฐานข้อมูล ในปัจจุบันเทคโนโลยี VoIP ได้รับความสนใจทั้งจากผู้ผลิตโดยได้มีการพัฒนาอุปกรณ์เกตเวย์ขึ้นมาสนับสนุนในตลาดมากมายดังแสดงในตาราง ที่ 7-8ในภาคผนวก

หน้าที่ของเกตเวย์

โดยทั่วไปอุปกรณ์ VoIP จะประกอบด้วยอุปกรณ์สามส่วนโดยที่แจ่ละส่วนจะมีหน้าที่ต่างๆ กัน ดังนี้

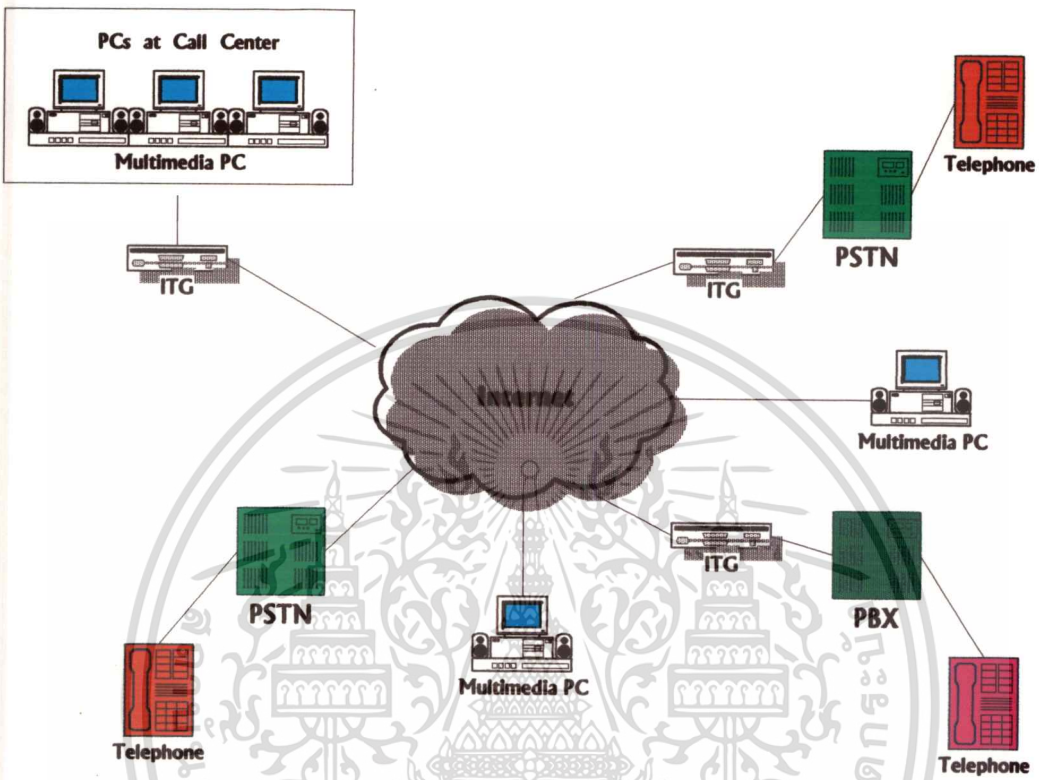
1. CODEC Software จะควบคุมเกี่ยวกับการ packetization , compression และ decompression
2. Line interface กับ PSTN หรือ PBX และ network interface card ในการเชื่อมต่อกับ LAN ซึ่งจะทำหน้าที่เปลี่ยนสัญญาณเสียงอนาลอกเป็นสัญญาณดิจิตัล การ์ดนี้จะมีลักษณะเป็นหนึ่งหรือหลายช่องทางก็ได้
3. ซอฟทแวร์ที่ดูแลเกี่ยวกับ session management และinter-gateway connection ได้แก่ การทำ call set-up , IP encapsulation , IP address mapping และ datagram delivery จากเราต์เตอร์ตัวที่ใกล้ที่สุดและจากเราต์เตอร์ตัวที่ใกล้ที่สุด ดังแสดงในภาพที่ 11



ภาพที่ 11 : หน้าที่การทำงานของเกตเวย์

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

โดยที่สามารถติดตั้งเกตเวย์ได้ทั้งโดยผ่าน call center หรือผู้ให้บริการ ITSP (ISP เดิม)ก็ได้ ดังที่แสดงในภาพที่ 12

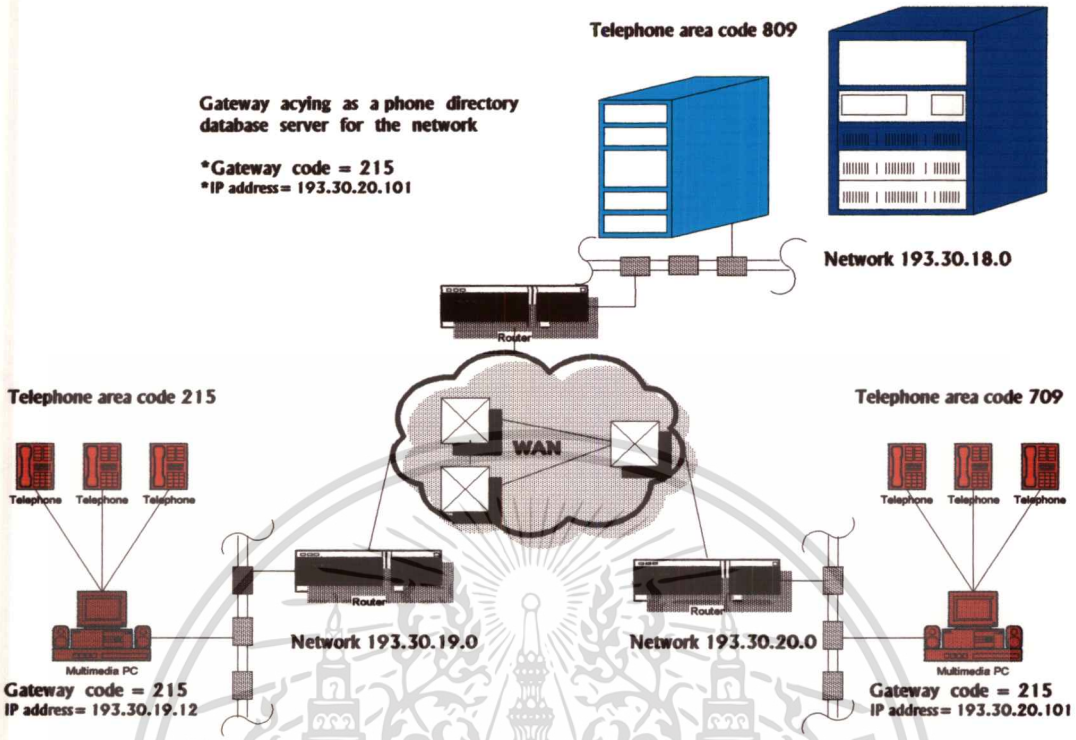


ภาพที่ 12 : วิธีการติดตั้งเกตเวย์

วิธีการกำหนดเส้นทางของเกตเวย์

อาศัยrouting table การทำงานเริ่มด้วยเมื่อมีโทรศัพท์เรียกจาก PABXซอฟท์แวร์ ใน routing tableจะจับหมายเลขโทรศัพท์ปลายทาง และจับคู่IP Address ที่ตรงกันของเกตเวย์ที่อยู่ใกล้จุดหมายปลายทางมากที่สุด ตามที่ผู้บริหารเครือข่ายได้ทำการ configure เอาไว้ ปัจจุบันผู้ผลิตหลายรายได้พัฒนาขั้นตอนนี้ให้เป็นหน้าที่ของ gatekeeper (เช่น E-Fusion Inc , Inter-tel Inc และ RADvision) gatekeeper เป็น server - based software ประกอบด้วยข้อมูลตารางเส้นทางสำหรับข้อมูลเสียงทุกชนิดบนเครือข่ายซึ่งง่ายต่อการกำหนดค่าในการทำงาน เพื่อกำหนดเส้นทางแก่แพ็กเก็ตข้อมูล เกตเวย์ต้องสื่อสารกับ gatekeeper ว่ามีข้อมูลเสียงอะไรอยู่บ้าง , หมายเลขโทรศัพท์หมายเลขใดบ้างก่อนจะมีการใช้ตารางเส้นทาง เพื่อให้เกตเวย์ จัดส่งแพ็กเก็ตข้อมูลออกไป โดย gatekeeper จะช่วยเช็คเส้นทางและส่งต่อIPAddress ไปให้เกตเวย์ปลายทาง นอกจากนี้ ยังทำหน้าที่รับรอง (authenticate) การมีสิทธิใช้เส้นทางว่าถูกต้องระหว่างเกตเวย์หรือไม่และยังช่วยรักษาสมดุลการจราจร (load balancing) โดยสับเปลี่ยนเส้นทางที่คับคั่งไปยังเส้นทางที่คับคั่งน้อยกว่า สำหรับตัว interface card จะเชื่อมต่อกับ PABXทำหน้าที่แปลงสัญญาณดิจิตอลไปเป็นอนาลอก หรืออนาลอกไปเป็นดิจิตอล สำหรับภาพจำลองการจับคู่หมายเลขโทรศัพท์กับ IP Address ดังแสดงในภาพที่ 13

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved
ห้ามมิให้ทำซ้ำ ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงเมื่อนำไปใช้ในเชิงพาณิชย์
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



ภาพที่ 13 : การจับคู่ IP Address กับหมายเลขโทรศัพท์

(Delivering Voice over IP 1998 : 211)

3.5 ปัญหาที่พบของเทคโนโลยี VoIP

1. อุปกรณ์สนับสนุนไม่สามารถทำงานร่วมกันได้ เนื่องจากเป็นเทคโนโลยีในระยะ 4-5ปีมานี้ ซึ่งผู้ผลิตอุปกรณ์สนับสนุนในแต่ละรายจะทำการผลิตอุปกรณ์ด้วยมาตรฐานที่จะทำให้อุปกรณ์มีประสิทธิภาพมากที่สุด ดังนั้นอุปกรณ์ในระยะแรกจะมีมาตรฐานในลักษณะ proprietary ทำให้เกิดปัญหาความไม่สามารถทำงานร่วมกันได้ของอุปกรณ์ การแก้ไขคือ ได้มีการกำหนดมาตรฐาน คือ H.323 และ ฌ.723.1 ซึ่งสามารถช่วยแก้ไขปัญหาลงได้บ้าง

2. คุณภาพของเสียง จากปัญหาความจำกัดของแบนด์วิดท์ บนเครือข่ายอินเตอร์เนต ตลอดจนเครือข่ายส่วนตัว และการพยายามช่องทางบนเครือข่ายให้กิดประสิทธิภาพมากที่สุด ทำให้มีการใช้เทคโนโลยีการบีบอัดข้อมูล (data compression) เพื่อทำให้ขนาดข้อมูลเล็กลงทำให้สามารถใช้แบนด์วิดท์จำนวนที่มีอยู่อย่างจำกัดเพื่อการสื่อสารได้มากขึ้น อย่างไรก็ตามเทคนิกในการบีบอัดข้อมูลที่มีอยู่หลากหลายวิธีนั้นส่งผลต่อคุณภาพของเสียงที่สื่อสารด้วย (ตารางที่ 7 แสดงเทคนิกต่างๆในการบีบอัดข้อมูลเสียงกับปัจจัยอื่นๆที่ส่งผลต่อคุณภาพของเสียง) นอกจากนี้ในการบีบอัดข้อมูลเสียงยังก่อให้เกิดการสูญเสียความสามารถในการสื่อสารระบบ DTMF (dual- tone multi

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

frequency) ซึ่งสามารถทำการแก้ไขได้โดยทำการ encode สัญญาณเสียง DTMF แยกต่างหาก และเมื่อถึงปลายทางก็ทำการ regenerate สัญญาณใหม่ , เลือกใช้มาตรฐานในการ encoding schemes G.729 หรือ G.729(A) ซึ่งช่วยในการส่งต่อ DTMF tone และสัญญาณเสียงไปพร้อมกันอย่างไม่มีปัญหา

ตารางที่ 7 เปรียบเทียบ CODECS ที่ใช้ algorithm และ parameters ต่างๆ

Codec	parameter				
	data rate (Kbps)	frame size (ms)	processing delay (ms)	complexity (DSP-MIPs)	quality (Mos)
G.723.1	5.3-6.3	30	30-37.5	14-20	4.1-4.3
G.729	8.0	10	10-15	20	4.1
G.729A	8.0	10	10-15	10-17	3.4

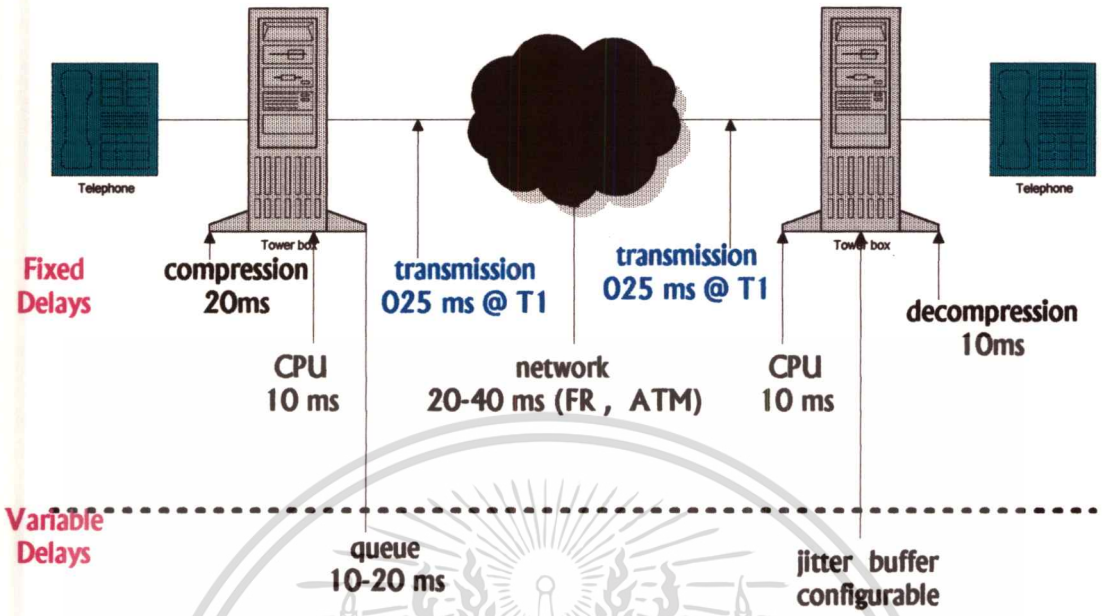
(ชุมโชค นำศรีสกุลรัตน์ 2542 : 22-23 , Kostas , Thomas J 1998 :21 และ Daniel , Monili 1998 : 159)

3. ความล่าช้าในการส่งข้อมูล

ในความคิดเห็นของผู้ผลิตอุปกรณ์เกตเวย์ เช่น Dialodic Corp. ระบุว่าความล่าช้าในระดับ 150 วินาที จัดว่าเป็นบริการที่มีคุณภาพดีมาก ความล่าช้าที่มากขึ้นระหว่าง 150-300 วินาที ก็ยังพอจะรับได้ และยังไม่ส่งผลต่อการรบกวนการสื่อสาร แต่ถ้าความล่าช้ามากเกินกว่า 300 วินาที จะเริ่มมีผลทำให้ผู้ใช้บริการในการสื่อสารรับรู้ถึงความล่าช้า และรู้สึกรำคาญ (Karve , Anita 1998 : 59) ในขณะที่Gray , Andrew (1998 : 56) ระบุว่าความล่าช้าที่ยอมรับได้ไม่น่ามากกว่า 200 วินาที แต่ Gareiss , Robin (1998 : 13) เห็นว่าความล่าช้าที่ยอมรับได้สามารถมากถึง 300 วินาที เพราะยังไม่รบกวนการสื่อสารนั่นคือผู้ใช้บริการยังไม่สามารถรับรู้ได้ สำหรับความคิดเห็นและประสบการณ์ของผู้ผลิตอุปกรณ์สนับสนุนแอพพลิเคชั่น VoIP อย่างซิสโก้ หากเปิดดูเวบไซต์ของบริษัทจะระบุไว้ ไม่เกิน 200 วินาที ในขณะที่ไอบีเอ็มคิดว่าน่าจะเป็น 150 วินาที

ตัวเลขความล่าช้าในการส่งแพ็กเก็ตข้อมูลยังมีความหลากหลาย อย่างไรก็ตามหากพิจารณาถึงความล่าช้าในการส่งข้อมูล จะพบว่าสามารถเกิดได้หลายจุดดังแสดงในรูปที่ 14

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



ภาพที่ 14 : จุดที่ทำให้เกิดความล่าช้าในการส่งแพ็กเก็ตข้อมูลในการสื่อสาร VoIP

ความล่าช้าในการส่งแพ็กเก็ตข้อมูลตามรูปที่ 14 สามารถอธิบายในรายละเอียดได้ดังนี้

3.1 ปัญหาจากกระบวนการส่ง (tranmission)

- การ encoding สัญญาณเสียง โดยการดำเนินการแปลงสัญญาณเสียงให้เป็นสัญญาณดิจิตอลโดยทั่วไปใช้เวลาประมาณ 30 วินาที การบีบอัด การแตกแพ็กเก็ตเสียงตลอดจนการส่งเข้าเครือข่ายใช้เวลาอีกประมาณ 2 วินาที รวมประมาณ 32 วินาที เมื่อถึงปลายทางก็จะใช้เวลาประมาณนี้ แต่โดยทั่วไปจะใช้เวลาน้อยกว่า

- Jitter buffer ในขั้นตอนก่อนจะทำการ decoding แพ็กเก็ตข้อมูลต้องหยุดรอการจัดเรียงลำดับในขั้นตอนเวลาที่ใช้จะขึ้นอยู่กับอุปกรณ์ของแต่ละผู้ผลิต แต่โดยทั่วไปอยู่ระหว่าง 50-100 วินาที สำหรับผู้ผลิตบางรายเช่น RADvision ได้ตั้งค่าอัตโนมัติไว้ที่ 40 วินาที ในการตั้งค่า Jitter buffer นี้ไม่สามารถตั้งค่าให้น้อยที่สุดได้ โดยต้องมีการประมาณให้ดีว่าเครือข่ายมีการจราจรคับคั่งอย่างไร หากตั้งค่าไว้นานความล่าช้าก็จะเพิ่ม แต่หากตั้งค่าไว้น้อยเกินไปอาจจะมีบางแพ็กเก็ตมาไม่ถึงนั่นหมายถึงการสูญเสียข้อมูลบางส่วนไปอาจจะรบกวนทำให้การสื่อสารไม่เข้าใจกันได้ ผู้ผลิตบางรายได้ตั้งค่า Jitter buffer นี้ให้มีการเปลี่ยนแปลงแบบอัตโนมัติ (intelligent dynamic buffer) โดยมีความหนาแน่นของการจราจรบนเครือข่ายเป็นตัวกำหนดให้เกิดการเปลี่ยนแปลงค่านี้ เช่น Cisco , Motorola Inc , Hypercom และ Netrix เป็นที่คาดกันว่าความเร็วของ digital signal processor จะเร็วขึ้นสองเท่าทุกสิบแปดเดือน ดังนั้นเทคโนโลยีไม่ว่าจะเป็นการเข้ารหัสแพ็กเก็ตสัญญาณเสียง หรือ encoding schemes หรือ การจัดลำดับความสำคัญในการที่ข้อมูลจะถูกส่งออกไป หรือ prioritzation schemes น่าจะมีประสิทธิภาพมากขึ้นด้วย

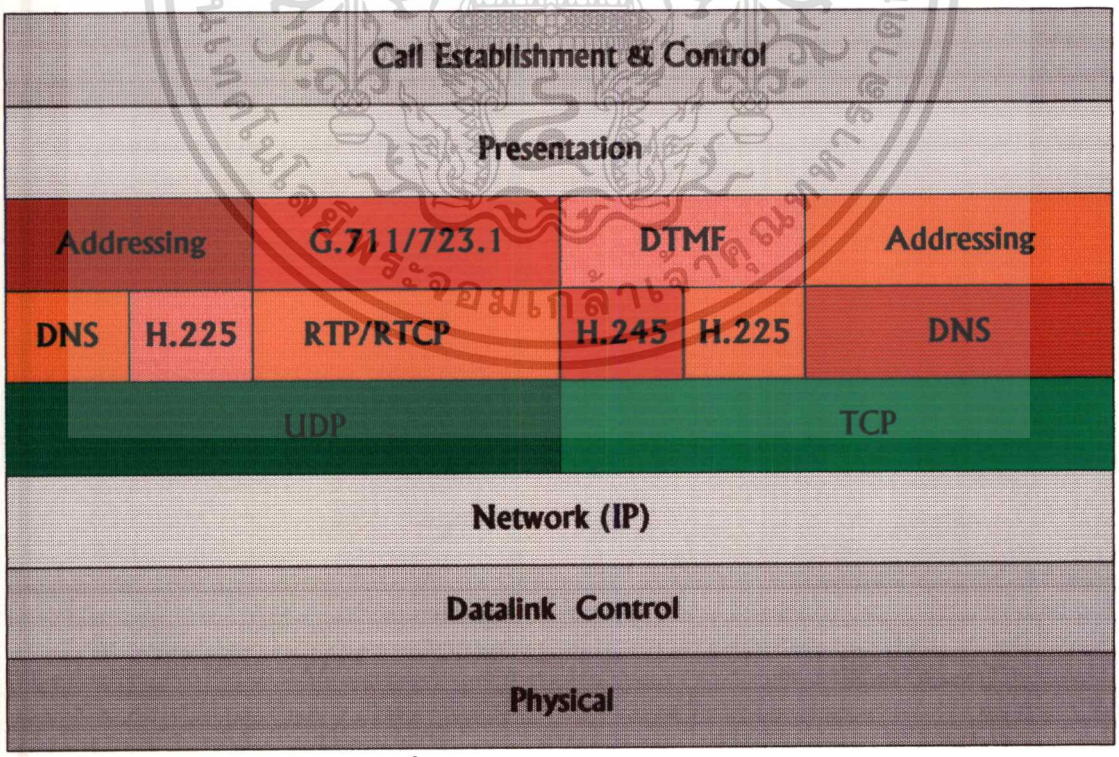
3.2 ข้อบกพร่องของโปรโตคอล TCP/IP

This m[illegible] use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

3.2.1 TCP/IP มี overhead สูงถึง 40 Kbps ดังนั้นจึงสามารถทำให้แพ็กเก็ตข้อมูลที่ทุกบีบอัดลงจนมีขนาด 6.3 Kbps ใหญ่ขึ้นจาก overhead ของโปรโตคอล TCP/IP เองจนถึงขนาด 10 Kbps ได้ นอกจากนี้ในการทำงานของโปรโตคอล TCP/IP ในการประสานงานกับเราต์เตอร์เพื่อหาเส้นทางส่งสัญญาณตลอดจนการ acknowledgement เมื่อข้อมูลส่งถึงเรียบร้อยแล้วจะทำให้เกิดความล่าช้าในการสื่อสารมาก แนวทางการแก้ไขโดยทั่วไปจะเปลี่ยนโปรโตคอลไปใช้ UDP ซึ่งหลายผู้ผลิตให้การสนับสนุนเนื่องจากมีคุณสมบัติ high priority ไม่ต้องการการ acknowledgement และจัดส่งแพ็กเก็ตตามลำดับความสำคัญ

3.2.2 โปรโตคอล TCP/IP ให้สิทธิในการส่งแพ็กเก็ตข้อมูลเท่าเทียมกัน ไม่มีการจำแนกว่าเป็น time-sensitive หรือไม่ และไม่มีการจองแบนด์วิดท์ในกรณีที่ต้องการการใช้มากขึ้น ทำให้ขาดการรับประกันประสิทธิภาพในการส่งข้อมูล แนวทางการแก้ไขคือติดตั้งโปรโตคอล RSVP (resource reservation protocol) และ IPv6 (Internet protocol version 6) หรือ IPng (next generation) หรือประยุกต์แอพพลิเคชั่น VoIP บนเครือข่ายความเร็วสูงเช่น ATM FDDI หรือ Frame Relay

สำหรับโครงสร้างของ VoIP เมื่อเทียบกับ OSI Layer มีความสัมพันธ์ดังแสดงในภาพที่ 15



ภาพที่ 15 : VoIP Stack ใน OSI Model

(ชุมโชค นำศรีสกุลรัตน์ 2542 : 38)

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

3.6 VoIP บนเครือข่ายความเร็วสูง ATM

ATM หรือ Asynchronous Transfer Mode หรือ Broadband ISDN เป็นเทคโนโลยีการสื่อสารด้วยการ multiplex และการสวิตช์ แบบ connection oriented สามารถส่ง traffic ในเวลาจริง (real time) จึงเหมาะกับการส่งข้อมูลประเภทที่เป็น time - sensitive เช่นเสียง หรือวิดีโอ และเนื่องจากเป็น cell Relay network ทำให้การคมนาคมระหว่างสถานที่ห่างไกลเป็นไปได้ด้วยความเร็วสูง ความแตกต่างของเครือข่าย ATM จากเครือข่ายอื่นๆคือ

1. แพ็กเก็ตข้อมูลที่ขนส่งบนเครือข่าย มีขนาดเล็กเพียงหลายสิบไบท์เท่านั้นเรียกว่าเซล
2. สถาปัตยกรรมเป็น cellswitching โดยมีฮับหรือคอนเซนเตรเตอร์เป็นสวิตช์ความเร็วสูง

การนำระบบ ATM มาใช้เป็นเครือข่ายการสื่อสารหลักจะให้ประโยชน์ในการใช้งานเครือข่าย ดังนี้

1. เพิ่มประสิทธิภาพการทำงานในระดับโปรโตคอล
2. คงทนต่อการใช้งาน (fault tolerance)
3. การขยายระบบทำได้ง่ายขึ้น
4. ช่วยทำให้การออกแบบระบบเครือข่ายทำงานได้ง่ายขึ้นเนื่องจากเครือข่ายมีความยืดหยุ่นสูง

สำหรับข้อเด่นในการประยุกต์ใช้งาน VoIP บนเครือข่าย ATM ที่ชัดเจนที่การสื่อสารโดยอาศัยโปรโตคอล TCP/IP ให้ไม่ได้คือ การรับประกันคุณภาพการสื่อสาร (guaranteed quality of service หรือ QoS) โดยเมื่อจะเริ่มการสื่อสารเอทีเอ็มซึ่งเป็น connection oriented จะสร้างทางเชื่อมจากต้นทางถึงปลายทาง (end-to-end guaranteed) ที่แน่นอนก่อนและจะมีการตกลงระดับบริการที่ต้องการเพื่อรับประกันว่าการส่งแพ็กเก็ต ข้อมูลจะได้รับตามที่ต้องการ เมื่อการส่งเรียบร้อยแล้วการเชื่อมต่อก็จะยุติลง ลักษณะการสร้างทางเชื่อมต่อเช่นนี้เรียกว่าการสร้างวงจรเสมือน หรือ virtual circuit โดยมี virtual path identifier (VPI) และ virtual circuit identifier (VCI) เป็นตัวทำหน้าที่ในการกำหนด โดยทำงานร่วมกับส่วนตรวจสอบเซล (header error check หรือ HEC) โดยจะตรวจจับความไม่สอดคล้องใดๆที่ไม่ตรงกับข้อมูลที่กำหนดในส่วนหัว

นอกจากนี้ยังช่วยทำให้การใช้แบนด์วิดท์มีประสิทธิภาพเพิ่มมากขึ้นเนื่องจากการ multiplex ในลักษณะ statistic และ TDM ทำให้สามารถขจัดความสูญเสียที่เกิดจากการปล่อยแบนด์วิดท์ทิ้งว่างไว้โดยเปล่าประโยชน์ในขณะที่ไม่มีการส่งผ่านข้อมูล ข้อมูลที่ถูกส่งบนเครือข่ายจะถูกแบ่งเป็นแพ็กเก็ตเล็กๆขนาดคงที่ 48 ไบต์ โดยมีส่วนหัวอีก 5ไบต์ เมื่อเซลวิ่งผ่านเอทีเอ็มสวิตช์จะได้รับการเรียงลำดับข้อมูลจนเส้นทางขาออกมีแบนด์วิดท์ที่จะส่งข้อมูลออกไปได้ ค่าหน่วงเวลาการ

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ส่งจะเปลี่ยนแปลงตามระดับ traffic จึงได้ชื่อว่า asynchronous โดยที่การสวิตช์เป็นการสวิตช์ในระดับฮาร์ดแวร์จึงทำให้ throughput ดีกว่าการสวิตช์ด้วยซอฟท์แวร์

องค์ประกอบบนเครือข่ายการสื่อสารด้วยเอทีเอ็ม

บนเครือข่ายเอทีเอ็มจะมีโหนดที่เป็นเอทีเอ็มสวิตช์มากมายสามารถแยกประเภทตามระดับฟังก์ชั่นการทำงานได้เป็น

1. **backbone switch** จะทำฟังก์ชั่นในส่วนของระบบทรังก์ที่มีการไหลของ traffic สูงจะไม่มีการเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ของผู้ใช้บริการปลายทางเลย
2. **edge switch** จะทำฟังก์ชั่นคล้ายกับเอทีเอ็มสวิตช์ที่เป็น backbone switch แต่จะมีการอินเตอร์เฟสกับอุปกรณ์ของผู้ใช้ปลายทางด้วย edge switch นี้จะถูกออกแบบให้มีส่วนของ buffer เพิ่มเติมเพื่อรองรับอินเตอร์เฟสของบริการต่างๆ
3. **access multiplexer** เป็นอุปกรณ์ทางฝั่งผู้ใช้อุปกรณ์ ซึ่งอาจเป็นของผู้ใช้เอง หรือเช่าจากทางผู้ให้บริการอีกทีหนึ่ง จะช่วยให้ผู้ใช้บริการสามารถติดต่อเข้าใช้เครือข่ายผ่านทางอินเตอร์เฟสที่เป็นเอทีเอ็ม

3.7 Internet Protocol version 6

ช่วยแก้ไขปัญหาเกียวกับการใช้ IP version 4 ดังนี้

1. **การแก้ไขปัญหาเรื่องหมายเลข IP** ปัญหาในการจัดเส้นทางสำหรับอุปกรณ์จัดเส้นทาง (router) ซึ่งทำให้เครือข่ายอินเตอร์เนตเชื่อมโยงไปได้ทั่วโลก โดยมีหมายเลขประจำตัวที่เรียกว่าหมายเลข IP เป็นตัวเชื่อมโยงใน Internet Protocal ที่ใช้กันในปัจจุบันเป็น Version 4 ซึ่งหมายเลข IP จะเป็นตัวเลขขนาด 32 บิต ซึ่งเกิดปัญหาไม่พอใช้ อันเนื่องจากการขยายตัวอย่างรวดเร็วของจำนวนผู้ใช้ในเครือข่าย หมายเลขของ IPv.6 จะเป็นตัวเลขขนาด 128 บิต โดยมีโครงสร้างที่สามารถจะรองรับการให้หมายเลขสามชนิด คือ Provider - based address , Site - local - use address และ Link - local - use address ด้วยความยาว 128 บิต โดยที่ขอบเขตหมายเลข IP ระหว่างเครือข่ายและภายในเครือข่ายเองไม่ได้ถูกระบุให้มีความตายตัว ทำให้การกำหนดหมายเลข IP มีความยืดหยุ่นมากขึ้น ในการจัดสรรหมายเลข IP ในversion นี้ มีพื้นฐานอยู่ 3 กลุ่ม คือ

1.1 UNICAST มีลักษณะเป็น single-host interface หรือจุดต่อจุดระหว่างผู้ส่งหนึ่งเลขหมายและผู้รับหนึ่งหมาย ก่อให้เกิดการสูญเสียแบนด์วิทด์ในกรณีการส่งข่าวสารจากผู้ส่งหนึ่งรายไปผู้รับหลายราย

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

1.2 MULTICAST มีลักษณะเป็น a set of interface หรือ "one to many transmission" ผู้ส่งจะส่งข่าวสารเพียงครั้งเดียว จากนั้นข่าวสารจะถูกสำเนาไปยังผู้รับทุกรายที่ลงทะเบียนรับข่าวสารเป็นกลุ่ม เป็นการแก้ปัญหาการใช้แบนด์วิทด์เปลืองแบบ broadcast ใน IP v4

1.3 ANYCAST เป็นการกำหนดหมายเลขแบบที่ใช้ร่วมกัน โดยข้อมูลจะถูกส่งไปให้ผู้ที่ใช้หมายเลขซึ่งอยู่ใกล้ที่สุด

นอกจากนี้ระบบของหมายเลขกลุ่ม (multicast address) ยังถูกออกแบบให้ใช้งานได้กว้างขึ้น สามารถจำกัดขอบเขตของกลุ่มให้อยู่ในระบบใดระบบหนึ่ง อยู่ในบริเวณเดียวกัน หรือกระจายไปทั่วโลกก็ได้ และใน Version นี้ยังได้มีการเพิ่มการกำหนดหมายเลข แบบที่ใช้ร่วมกัน (anycast address) โดยข้อมูลจะถูกส่งไปให้ผู้ใช้ที่หมายเลขนี้ซึ่งอยู่ใกล้ที่สุด

2. เพิ่มประสิทธิภาพในการส่งข้อมูล โดยการสนับสนุนการทำ datagram priority โดยมี datagram จำนวน 4 บิตสำหรับวิเคราะห์ว่าข้อมูลที่ต้องการส่งเป็นแบบ time-sensitive หรือไม่ ลดการสูญเสียหรือลดการเกิดความคลาดเคลื่อนในการส่งโดยการอนุญาตให้เฉพาะโหนด ที่เป็นแหล่งส่งหรือเจ้าของข้อมูลมีสิทธิในการแตกแพคเก็จข้อมูล และเพิ่มความเร็วในการส่งข้อมูลโดยตัดส่วนที่เป็น checksum ออก

3. เกี่ยวกับประสิทธิภาพในการรักษาความปลอดภัยของข้อมูล โดยมีระบบ "built-in Security" ซึ่งการส่งข้อมูลในแต่ละครั้งต้องมีการแสดง authentication และ confidentiality

3.8โปรโตคอล RSVP (Resource Reservation Protocol)

เป็นทางออกทางหนึ่งที่ถูกเสนอโดย IETF เพื่อช่วยจัดการกับทรัพยากรบนเครือข่าย ช่วยให้เกิดการรับประกันคุณภาพการส่งข้อมูลของ VoIP (end-to-end guaranteed QoS.) โดยมีหลักในการทำงาน คือ จะสำรองแบนด์วิดท์ไว้สำหรับการส่งแพ็กเก็ตเสียง เมื่อต้องการใช้งานเพื่อลดปัญหาในเรื่อง loss of service เป็นการรับรองว่าจะไม่มีปัญหาในเรื่องของการเชื่อมต่อระหว่างจุดต่อจุด

RSVP ทำงานอยู่เหนือ IP เพื่อจัดการทรัพยากรให้รับข้อมูลลักษณะสตรีม (โปรโตคอล TCP/IP รับส่งข้อมูลเป็นหน่วยสตรีม) ได้ถูกต้อง เมื่อสตรีมข้อมูลของแอพพลิเคชั่นต้องการค่า QoS ของมัน โปรแกรม RSVP ซึ่งทำงานในลักษณะ receiver-controlled , reservation request จะส่งค่าขอนั้นไปยังเราท์เตอร์ทุกตัวในพาธที่สตรีมข้อมูลผ่าน พร้อมทั้งรักษาสถานะของเราท์เตอร์ และโฮสต์ให้พร้อมที่จะทำงานกับระดับของบริการที่ร้องขอมา หรืออีกนัยหนึ่งหมายความว่า RSVP อนุญาตให้เน็ตเวิร์กที่ทำงานโดยใช้เราท์เตอร์เป็นหลัก (router-besed network) สามารถจำลองตัวเอง

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

เป็นเครือข่ายแบบวงจรสวิตซ์ (circuit-switched network) ได้เพื่อทำงานได้ดีขึ้น การทำงานลักษณะนี้ทำได้แม้บนเราท์เตอร์ที่ยังไม่สนับสนุนเทคโนโลยีดังกล่าว

ขั้นตอนการทำงานของ RSVP เริ่มจากโปรแกรม RSVP จะติดตั้งโพรซีเยอร์ที่มีชื่อว่า admission control ให้กับเราท์เตอร์แต่ละตัวเพื่อให้มันตรวจสอบว่ามีการสำรองแบนวิดท์ไว้เพียงพอหรือไม่ พร้อมทั้งตรวจสอบกับส่วน policy control ว่าแอพพลิเคชั่น ที่สร้างคำขอนั้นมีสิทธิใช้บริการหรือไม่ ถ้าผลการตรวจสอบถูกต้องทั้งสองกรณี โปรแกรม RSVP ในเราท์เตอร์แต่ละตัวนั้นจะผ่านข้อมูลที่เข้ามานั้นให้กับ packet classifier เพื่อพิจารณาเส้นทางและระดับ QoS ของแต่ละแพ็กเกจจากนั้นแพ็กเก็ตจะถูกเก็บไว้ในคิวโดยเราท์เตอร์เพื่อส่งไปบนลิงค์ ถ้าการควบคุมเกิดความผิดพลาดขึ้นในโหนดใดโหนดหนึ่ง โปรแกรม RSVP จะคืนค่าความผิดพลาดกลับไปยังแอพพลิเคชั่นที่สร้างคำขอนั้น

RSVP มีข้อดี คือ สามารถทำงานได้กับสถาปัตยกรรมเครือข่ายได้ทุกๆแบบ ไม่ว่าจะเป็นอีเทอร์เน็ต , โทเค็นริง (token ring) , ARCnet , หรือ Fiber Distributed Data Interface (FDDI) ตราบใดที่ยังใช้ IP เป็นโปรโตคอลเครือข่ายตราบนั้นก็ยังใช้ RSVP ได้ สิ่งนี้เองที่ทำให้ RSVP เหมาะสมกับการใช้งานทั้งในโลกธุรกิจและบนอินเตอร์เน็ตตลอดจนสามารถทำงานได้ดีกับ IP_{V6} ผู้ใช้จึงสามารถติดต่อการเชื่อมต่อระหว่างจุดต่อจุด โดยระบุจำนวนการส่งข้อมูลในเวลาที่กำหนดได้

การทำงานในลักษณะดังกล่าวดังกล่าว จะเกิดขึ้นทั้งเครือข่ายตามการกำหนดของ IP address ที่มีการเชื่อมต่อกันอยู่ซึ่งอุปกรณ์ทั้งฮาร์ดแวร์และซอฟท์แวร์ในโครงสร้างพื้นฐานของเครือข่าย ต้องสนับสนุน RSVP ด้วย

ปัญหาในปัจจุบันสำหรับ RSVP คือ การคิดค่าบริการสำหรับการจองแบนด์วิด์ท โดยเฉพาะในเครือข่ายอินเตอร์เนต , การลดความเร็วของเครือข่ายในภาพรวมหากแบนด์วิด์ทถูกจองมากๆ และความสามารถของเราต์เตอร์ ในการทำงานร่วมกับ RSVP

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

บทที่ 4
แนวทางในการประยุกต์แอพพลิเคชั่น VoIP บนเครือข่ายสารสนเทศเพื่อพัฒนาการศึกษา ทบวงมหาวิทยาลัย

ในการประยุกต์แอพพลิเคชั่น VoIP บนเครือข่าย สารสนเทศเพื่อพัฒนาการศึกษา ทบวงมหาวิทยาลัย ซึ่งหากคำนึงถึงความเป็นไปได้ในด้านของเทคโนโลยี จะพบว่าตัวเทคโนโลยี แม้จะเพิ่งพัฒนามา 4 - 5 ปี แต่มีความก้าวหน้าอย่างรวดเร็วผู้ผลิตทั้งซอฟท์แวร์ และฮาร์ดแวร์ ต่างให้การสนับสนุน และมีการดำเนินการในเชิงพาณิชย์พ่วงไปกับบริการอินเตอร์เนต และบนเครือข่ายส่วนตัว แม้จะยังมีปัญหาในแง่กฎหมาย แต่แนวโน้มที่จะประยุกต์บนเครือข่ายส่วนตัวมีมากขึ้น เนื่องจากธรรมชาติของเทคโนโลยีเองเหมาะในลักษณะนี้มากกว่า และการพัฒนาเทคโนโลยีบนเครือข่ายส่วนตัว เช่น ในกรณี เครือข่าย สารสนเทศเพื่อการพัฒนาการศึกษา ทบวงมหาวิทยาลัย ไม่น่ามีปัญหาทางด้านกฎหมาย และเนื่องจากเป็นแอพพลิเคชั่นเป็นประเภท time - sensitive ดังนั้นต้องมีการคำนึงถึงคุณภาพการบริการ (QoS) เป็นอย่างมาก ซึ่งดังได้กล่าวในบทที่ 3แล้วว่า การประยุกต์แอพพลิเคชั่นVoIP ในเครือข่ายสื่อสารองค์กร แม้ว่าจะเป็นเครือข่ายเฉพาะที่สมรรถนะในภาพรวมจะดูดีกว่าบนอินเตอร์เนต แต่ปัญหาอุปสรรคหลากหลายประการไม่ว่าจะเป็นเรื่องคุณภาพเสียง การหน่วงเวลาที่มากเกินไปจนรับไม่ได้ ตลอดจนปัญหาการส่งแพ็กเก็ตที่ไม่สมบูรณ์ (drop packet) ดังนั้นในทางปฏิบัติ ผู้บริหารโครงข่ายควรจะมีการทดสอบเพื่อให้เกิดความมั่นใจในระดับหนึ่งก่อนว่า ในด้านคุณภาพหากประยุกต์แอพพลิเคชั่นVoIP เข้ามา จะสามารถมีการติดต่อสื่อสารกันได้จริง

4.1 แนวทางการวิเคราะห์สมรรถนะของเครือข่าย

Gray, Andrew (1998 : 54 - 58) ได้แนะนำการประเมินและทดสอบสมรรถนะของเครือข่ายในบทความของวารสาร Data Comm ดังนี้

1. ทดสอบทีละคู่ (2 Site)
2. ตรวจสอบศักยภาพ (capacity) ระหว่าง site โดยเฉพาะแต่ละ site มีแบนด์วิด์ท สำหรับการสื่อสารเหลือเท่าไรที่จะเพิ่มแอพพลิเคชั่นอื่นเข้ามาอีก โดยเฉพาะ VoIP
3. ใช้ Software Monitor วัดระดับทราฟฟิกบนเครือข่าย ซึ่งควรจะวัดให้ได้ peak loads (worse case) โดยเฉพาะ hop ที่มีทราฟฟิกหนาแน่นที่สุด
4. คำนวณแบนด์วิด์ท ที่เหลือจริง

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

5. คำนวณจำนวนครั้งของการเรียกใช้สาย (voice calls) ซึ่งอาจใช้วิธีอ้อมๆ คือ นับจากบิลค่าโทรศัพท์ของเก่า รวมทั้งสุ่มจำนวนเพื่อดูระดับการใช้สายสูงสุดในแต่ละวันว่าอยู่ในช่วงไหน โดยสุ่มประมาณ 60 นาที ในแต่ละครั้ง แต่ละเวลา

6. วัดการหน่วงเวลาของการสื่อสาร (end-to-end round trip delay) วิธีง่ายๆ คือ การทดสอบด้วยคำสั่ง ping ดังนี้

ขั้นที่ 1 Create a two - line file called "test_ping"

โดยระบุ

```
data
ping -q- c 10 < IP-address
```

(ใส่ตรงตำแหน่ง IP - address ด้วย address ของไวต์ปลายทาง)

ระบบจะทำการปฏิบัติการตามคำสั่ง โดยการส่งคำสั่ง ping 10 คำสั่งไปที่ address ปลายทาง, ในส่วน address ต้นทางที่ส่งค่อยรับผลการทดสอบ ซึ่งอาจจะออกมาเป็น

```
- PING Statistics -
10 packets transmitted, a packets received,
10% packet loss
round trip  min/avg/max = 80/150/220
```

ขั้นที่ 2 วัดหรือทดสอบ ดังในขั้นที่ 1 ในแต่ละช่วงเวลา โดยใช้ Cross daemon เพื่อให้การแสดงผลทดสอบ ping ไปเก็บอยู่ในไฟล์ ping - output เพื่อให้สามารถดูผลการทดสอบที่เดียว ภายหลังการทดสอบเสร็จสมบูรณ์

ภายหลังดำเนินการดังกล่าวแล้วจึงวิเคราะห์ผลการทดสอบ โดยพิจารณาจากค่าตัวเลขที่ได้จากการทดสอบดังนี้

- packet loss เท่าไร หากมากกว่า 10% ก็น่าจะคาดเดาว่าจะทำให้การสื่อสารมีปัญหา (Gray , Andrew 1998 : 55)

- delay time ถ้าอยู่ในช่วง 100 - 200 วินาที ก็น่าจะดี แต่หากมากกว่า 300 วินาทีก็อาจต้องมีการปรับโครงสร้างเครือข่ายบางอย่าง (Gray , Andrew 1998 : 56) การทดสอบตั้งแต่ขั้นที่ 1 - 6 สามารถใช้แบบตรวจสอบรายการดังนี้

This material is protected for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

step 1 : Checking Capacity

- Capacity of site - to - site link _____kbit/s
- Minus peak network load _____kbit/s

Line 1 : Total spare capacity _____kbit/s

Maximum number of simultaneous calls between sites _____kbit/s

Times bandwidth per call _____kbit/s

Line 2 : Bandwidth needes for phone calls _____kbit/s

For the network to handle voice, Line 1 must be greater than Line 2

Step 2 : Checking Latency and loss

- Actual average round-trip latency over period of days _____ms

(Target round-trip delay : 200 ms or less)

- Actual average packet loss over a period of days _____percent

(Target packet loss 10 percent of less)

- Actual average number of hops to destination site _____hops

(Target number of hops : 8 or less)

ถ้าผลการทดสอบในเบื้องต้นดังกล่าว พบว่าอาจเกิดอุปสรรคต่อคุณภาพของการสื่อสาร หากประยุกต์แอพพลิเคชั่น VoIP เข้ามาในเครือข่ายก็ไม่ได้หมายความว่า จะไม่สามารถประยุกต์เทคโนโลยีดังกล่าว เข้ามาในเครือข่ายได้ คำแนะนำจากผู้ที่มีประสบการณ์จริงเกี่ยวกับการประยุกต์เทคโนโลยีมีดังนี้

1. ลดจำนวน hop (chop the hops)

2. ลด peak load (pare down on packets) โดยการลดการเกิด bursty traffic โดยการไม่ส่งข้อมูลแบบ broadcast, ยกเลิกการ acknowlidgment chatty และ protoce โดยที่การลด peak load จะทำให้การหน่วงวางลงในช่วง Jetter buffer ซึ่งถือเป็นแหล่งของการเกิดการหน่วงเวลาที่มาก

3. บริการจัดการในเรื่อง traffic (redistribute the weight) เช่น ถ้าข้อมูลระบุว่า ช่วงไหน, วันไหน, จะมีการใช้โทรศัพท์กันมาก ควรหลีกเลี่ยงการส่งข้อมูลประเภท batch file ในองค์กรที่มีการส่งข้อมูลระหว่างประเทศก็ควรจะทราบความแตกต่างของเวลาระหว่างประเทศและกำหนดช่วงเวลาการติดต่อสื่อสารระหว่างประเทศให้เหมาะสม หลีกเลี่ยงช่วงเวลาที่ทราฟฟิกหนาแน่น

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

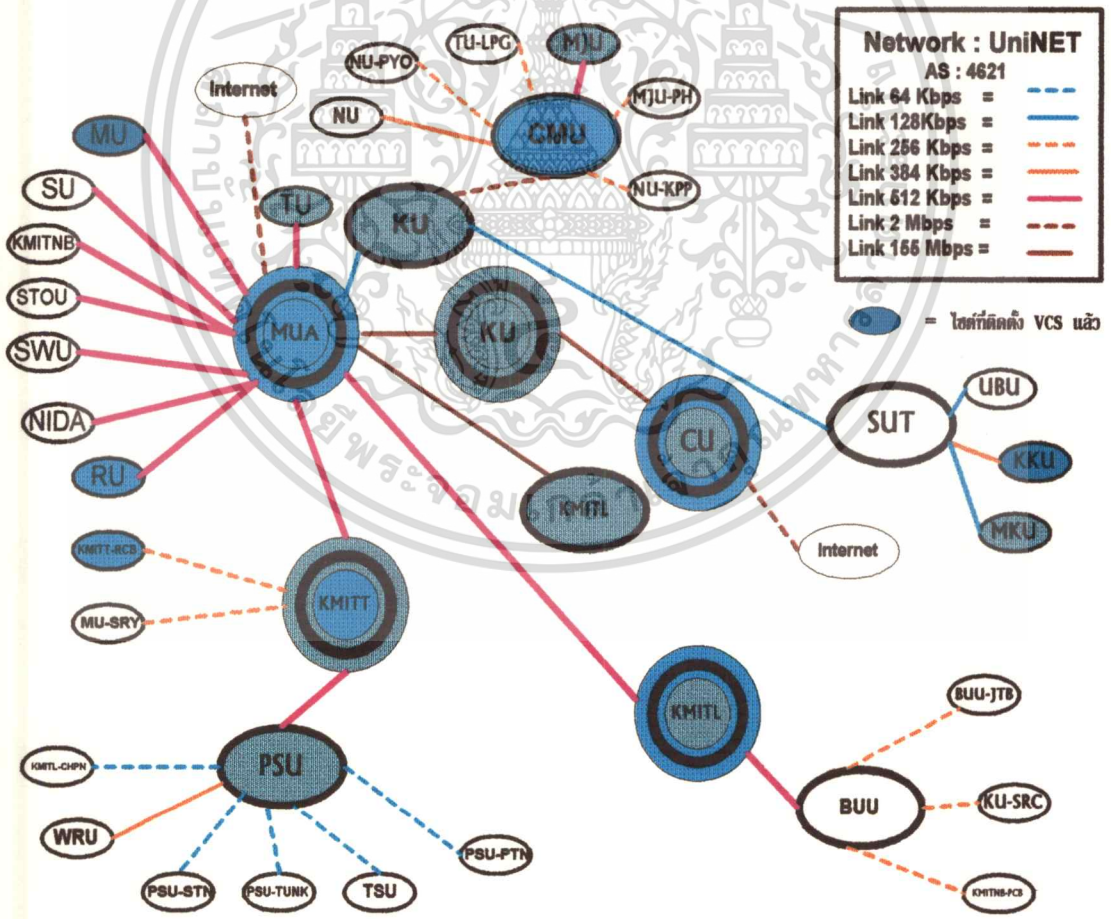
4. ถ้าวิธีการแก้ไขดังกล่าวไม่ได้ผล ก็ต้องเลือกใช้วิธีสุดท้าย คือ เพิ่ม bandwidth (add mass) อย่างไรก็ตามผู้บริหารเครือข่ายควรต้องเช็คดูว่า มีการรับ - ส่งไบล์ขนาดใหญ่ เช่น เปิด File Transfer Protocal อยู่ หรือไม่ ซึ่งควรไปทำในช่วงเวลาที่ทราฟฟิกไม่หนาแน่น หรือต้องตรวจสมรรถนะของอุปกรณ์ rater ว่ามีขีดความสามารถจัดการกับการรับ - ส่งข้อมูลไบล์ขนาดใหญ่อย่างไร ประเด็นนี้อาจแก้ไขโดยการเลือกใช้ router ที่มีการตั้งระบบการจัดการทราฟฟิกตามลำดับสำคัญของข้อมูล (mechanism for prioritizing traffic) โดยผู้บริหารเครือข่ายต้องทำการ confic ไว้

หลังจากทำการแก้ไขโครงสร้างเครือข่ายที่เหมาะในการประยุกต์ VoIP แล้ว ผู้บริหารเครือข่ายยังต้องทำการวิเคราะห์ในเรื่องการจัดซื้ออุปกรณ์ โดยการเทียบราคาที่เหมาะสม โดยทั่วไปราคา gateway จะค่อนข้างแตกต่างกันในแต่ละผู้ผลิต มีข้อสังเกตว่า gateway ที่ราคาสูง มักจะมีคุณสมบัติหรือฟังก์ชั่นการทำงานที่มากขึ้น และเอื้ออำนวยความสะดวกในการใช้ ได้แก่ ระบบ IVR (Interactive Voice Response) โดยอนุญาตให้ผู้ใช้ทำการแสดงสิทธิการใช้บริการโทรทางไกล ด้วยการใส่ calling - card number, PIN ซึ่งหากถูกตั้งค่าไว้ถูกต้อง ระบบที่จะดำเนินการตามคำสั่งของผู้ใช้ทันที

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

4.2 ผลการวิเคราะห์ศักยภาพของเครือข่ายสารสนเทศเพื่อพัฒนาการศึกษา ทบวงมหาวิทยาลัย

1. ความเพียงพอของแบนด์วิดท์ และระดับการสื่อสาร (traffic) บนเครือข่าย ได้ดำเนินการวัดระดับ traffic ในแต่ละโหนด ที่สามารถวัดได้โดยโปรแกรม Multi Router Traffic Graphers (MRTG) ซึ่งบางโหนดได้วัดระดับ traffic ในโหนด ของตนไว้แล้ว เช่น โหนด ม. สงขลานครินทร์ เป็นต้น ภายหลังการตรวจวัดระดับการใช้แบนด์วิดท์บนเครือข่ายแล้ว ได้นำค่าที่วัดได้มาเทียบกับแบนด์วิดท์ที่กำหนดให้บนเครือข่ายสำหรับการสื่อสารข้อมูลในปัจจุบันดังแสดงในภาพที่ 16 ผลการเปรียบเทียบปริมาณการใช้แบนด์วิดท์ได้สรุปในตารางที่ 4 ซึ่งเป็นการแสดงตัวเลขเฉพาะการใช้แบนด์วิดท์รายวัน (daily basis) โดยมีรายละเอียดของกราฟทั้งรายสัปดาห์ และรายปีแสดงในภาคผนวก



ภาพที่ 16 : แบนด์วิดท์ที่กำหนดให้สำหรับการสื่อสารข้อมูลบนเครือข่ายสารสนเทศเพื่อพัฒนาการศึกษา ทบวงมหาวิทยาลัย

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ตารางที่ 5 แบนด์วิดท์สำหรับการประยุกต์แอพลิเคชั่น VoIP บนระบบเครือข่ายสารสนเทศเพื่อพัฒนาการศึกษา ทบวงมหาวิทยาลัย เปรียบเทียบระหว่างแบนด์วิดท์สูงสุดที่มีการสื่อสารจริง และแบนด์วิดท์ที่กำหนดให้

จุดที่วัด	ปริมาณการใช้สูงสุด Kbps (%)	ปริมาณการใช้เฉลี่ย Kbps (%)	แบนด์วิดท์ที่กำหนดให้	แบนด์วิดท์ที่เหลือ Kbps
ทบวงมหาวิทยาลัย - ม.เชียงใหม่	เข้า 29.8 (14.2) ออก 26.4 (26.4)	66.4 (3.2%) 7.2 (0.3%)	2098	เข้า 1970 ออก1973
ม.เชียงใหม่ -ม.แม่โจ้	เข้า9.9 (0.5%) ออก104.3 (5.1%)	.776 (0.0) 2.4 (0.1)	256	เข้า 246 ออก 102
ม.สงขลานครินทร์ -ทบวงมหาวิทยาลัย	เข้า 0.006 (0.0) ออก0.1 (0.0)	0.016 (0.0) 0.096 (0.0)	512	เข้า 512 ออก512
ม.สงขลานครินทร์ - วิทยาเขตปัตตานี	เข้า 19.6 (30.6) ออก62.0 (96.8)	0.9 (1.4) 3.824 (6.0)	64	เข้า 44 ออก 2
ม.สงขลานครินทร์ - วิทยาเขตตรัง	เข้า 18.7 (29.2) ออก24.4 (96.8)	1.624 (2.5) 2.544 (40)	64	เข้า 45 ออก 44
ม.สงขลานครินทร์ - ม.ทักษิณ	เข้า 4.928(7.7) ออก60.0 (96.7)	1.512 (2.4) 11.0 (17.2)	64	เข้า 59 ออก 4
ม.สงขลานครินทร์ - ม.วลัยลักษณ์	เข้า 11.2 (17.5) ออก3.4 (53.2)	1.048 (1.6) 2.616 (4.1)	384	เข้า 373 ออก 380
ม.สงขลานครินทร์ - วิทยาเขตสุราษฎร์ฯ	เข้า 11.2 (17.5) ออก3.4 (53.2)	1.048 (1.6) 2.616 (4.1)	64	เข้า 53 ออก 60
ม.สงขลานครินทร์ - สจล/วิทยาเขตชุมพร	เข้า 7.406 (11.7) ออก30.3 (47.4)	0.656 (1.0) 3.120 (4.9)	64	เข้า 56 ออก 34

การพิจารณาระดับ traffic ในแต่ละไซต์ในระบบเครือข่ายตามที่แสดงในตารางข้างต้น แสดงให้เห็นถึงการใช้แบนด์วิดท์เพื่อการสื่อสารข้อมูลในปริมาณเพียงเล็กน้อยเท่านั้น ยังมีแบนด์วิดท์ที่ยังเหลือสำหรับที่จะเพิ่มแอพพลิเคชั่นการสื่อสารด้วยเสียงแบบ VoIP ได้อีกมาก ในทุกไซต์ หากใช้ตัวเลขแบนด์วิดท์ที่ต้องการสำหรับการสื่อสาร VoIP อย่างน้อยที่สุด 10 Kbps (จากความสามารถในการบีบอัดข้อมูล)

2. การหน่วงเวลา (delay time และ Packing Loss)

โดยใช้คำสั่ง Ping สุ่มวัดในเวลาทำการปกติช่วงระหว่างเวลา 8.30 - 17.00 น จากทบวงมหาวิทยาลัย ไปยังจุดหมายปลายทางในไซต์ต่างๆ การสุ่มวัดในแต่ละไซต์ได้ทำการวัดเป็นเวลา

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

หนึ่งสัปดาห์ ผลการวัดในแต่ละวันของสัปดาห์ไม่แตกต่างกันคือพบว่ามีการติดต่อสื่อสารกันมากในช่วง 10.00 - 14.00 น.ของแต่ละวัน ทำให้ผลการทดสอบปิงมีค่าสูงในช่วงเวลาดังกล่าว สำหรับค่าที่แสดงสรุปในตารางเป็นค่าเฉลี่ยสูงสุด (worse case) ของแต่ละการทดสอบซึ่งใช้คำสั่งปิง 5 ครั้งต่อหนึ่งการทดสอบ ผลการทดสอบดังที่แสดงในตารางที่ 6

ตารางที่ 6 ผลการทดสอบปิง (ping-test)

ปลายทางทดสอบ (destination)	แบนด์วิดท์ (data bandwidth - Kbps)	ค่าหน่วงเวลาเฉลี่ย (delay time - ms)	เปอร์เซนต์แพกเก็ตสูญหา (percent of packing loss)
- มหาวิทยาลัยแม่โจ้	512	229	0
- มหาวิทยาลัยขอนแก่น	384	144	0
- สถาบันพระจอมเกล้าลาดกระบัง	512	111	0
- มหาวิทยาลัยพระจอมเกล้าธนบุรี	512	120	0
- มหาวิทยาลัยเกษตร	128	222	0
- มหาวิทยาลัยเกษตร/ศรีราชา	256	154	0
- มหาวิทยาลัยบูรพา	512	135	0
- จุฬาลงกรณมหาวิทยาลัย	155 (Mbps)	110	0
- มหาวิทยาลัยมหาสารคาม	128	110	0
- สจล/ชุมพร	64	200	0
- มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์	512	133	0
- มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์/ตรัง	128	182	0
- มหาวิทยลัยมหิดล	512	108	0
- มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์/ สุราษฎร์	128	250	0

จะเห็นว่าจำนวนแพ็กเก็ตที่ปิงไป 5 ครั้ง ปลายทางได้รับครบทั้งหมดไม่มีแพ็กเก็ตที่หล่นหายระหว่างทางเลย สำหรับค่าหน่วงเวลาที่เปรียบเทียบกับแบนด์วิดท์พบว่าแม้ในกรณีแบนด์วิดท์ต่ำที่สุด คือ 64 กิโลบิตต่อวินาทีค่าก็ยังอยู่ในช่วงไม่เกิน 200 วินาที ในไซต์ที่ผลการทดสอบเกินกว่า 200 วินาที ก็ยังอยู่ในช่วงที่พอจะรับได้คือไม่เกิน 300 วินาที ดังนั้นน่าจะสามารถประยุกต์เทคโนโลยี VoIP บนเครือข่ายสารสนเทศเพื่อพัฒนาการศึกษา ทบวงมหาวิทยาลัยได้โดยมีการสื่อสารที่ไม่เกิดปัญหาใดๆ

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

4.3 อุปกรณ์สนับสนุน และ การติดตั้ง VoIP application บนเครือข่ายฯ

เมื่อได้ผ่านการวิเคราะห์ความเป็นไปได้ และความเหมาะสมในแง่ cost/benefit แล้ว และตัดสินใจประยุกต์ VoIP บนเครือข่าย ขั้นตอนการติดตั้งจะดำเนินการ ดังนี้

1. ติดตั้งเครือข่าย IP ที่ใช้งานได้คือสามารถรับส่งข้อมูล (Data) ได้

2. ประกอบอุปกรณ์ฮาร์ดแวร์สำหรับรันแอพพลิเคชั่น VoIP คือ Voice Network Module (VNM), Voice Interface card (VIC) และ การเชื่อม VIC เข้าสู่เครือข่าย

3. วิเคราะห์ dial plan ของ หน่วยงาน ว่าในแต่ละโหนดจะมีคู่สายโทรศัพท์กี่คู่สาย และให้หมายเลขตามที่จะสามารถสื่อความหมายของผู้ใช้ในระบบได้ โดยที่หมายเลขคู่สายต้องไม่ซ้ำกันเลย สำหรับเครือข่ายสารสนเทศเพื่อพัฒนาการศึกษา ทบวงมหาวิทยาลัยนี้ สามารถแสดงลักษณะการจัดทำ dial plan ของเครือข่ายเป็นตัวอย่าง ดังนี้

หมายเลขโทรศัพท์	ชื่อโหนด	IP Address
1111 1211 1121 1221	ทบวงมหาวิทยาลัย	202.28.18.201
1112 1212 1121 1221		(ทั้ง 12 เลขหมาย)
1113 1123 1123 1223		
2111 2211 2121 2221	สจล	202.28.18.202
3111 3211 3121 3221	สจธ	202.28.18.203
4111 4211 4121 4221	ม.เกษตร	202.28.18.204
5111 5211 5121 5221	ม.ธรรมศาสตร์	202.28.18.205

หมายเหตุ

1. ความหมายของหมายเลขโทรศัพท์
   - 1111 อ่านจากขวาไปซ้ายได้ว่า สล๊อตเสียบ (VNM) สล๊อตที่1 VNM ที่ 1 VIC ที่1 (ใน VNM ที่ 1) ทบวงมหาวิทยาลัย
   - 1221 อ่านจากขวาไปซ้ายได้ว่า สล๊อตเสียบ (VNM) สล๊อตที่1 VNM ที่ 2 VIC ที่1 (ใน VNM ที่ 1) ทบวงมหาวิทยาลัย

   (1 สล๊อต เสียบ VNM ได้ 2 VNM แต่ละ VNM เสียบ VIC ได้ 2 อัน)
2. IP Address เป็นเพียงตัวเลขสมมติเท่านั้น

4. สร้างเครือข่ายโทรศัพท์ตาม dial plan ที่วางไว้
5. เชื่อมโยง dial plan และเครือข่ายโทรศัพท์ เข้าไปบนเครือข่าย IP โดยดำเนินการ configure ด้วยซอฟท์แวร์โดยใช้คำสั่ง

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

Dial Peer 1 Voice VoIP

destination 1

session target ..... (ระบุ IP Address)

เมื่อทำการ configure หมายเลขโทรศัพท์ตาม dial plan กับ หมายเลข IP Address แล้ว ระบบจะทำการลงทะเบียนการจับคู่ (mapping) ใน routing table เพื่อการหาเส้นทางที่ของ router แต่ละตัว

6. ดำเนินการให้ผู้ใช้เข้าใจให้ชัดเจนเกี่ยวกับการหมุนหรือ ต่อ หรือ ใช้โทรศัพท์

4.4 การคัดเลือกผู้ผลิตอุปกรณ์สนับสนุนการดำเนินการประยุกต์แอพพลิเคชั่น VoIP

หลังจากทำการศึกษาเครือข่ายสารสนเทศเพื่อพัฒนาการศึกษา ทบวงมหาวิทยาลัย ในปัจจุบัน และรายละเอียดของเทคโนโลยี VoIP ตลอดจนแนวทางการศึกษาความเป็นไปได้ ในการที่จะประยุกต์เทคโนโลยี VoIP บนเครือข่าย ขั้นต่อไปเป็นการศึกษาผู้ผลิตอุปกรณ์ที่จะสนับสนุนการประยุกต์เทคโนโลยีในการปฏิบัติจริง ซึ่งพบว่ามีผู้ผลิตหลายราย (ตามรายละเอียดเอกสารในภาคผนวก) ในทางปฏิบัติจริงต้องมีการร่าง Request For Proposal (RFP) ไปยังผู้ผลิตรายต่างๆที่มีการผลิตอุปกรณ์ตามที่องค์กรได้วิเคราะห์ถึงคุณสมบัติที่ต้องการแล้ว เพื่อที่จะให้ผู้ผลิตรายต่างๆนั้นจัดส่งข้อมูลรายละเอียดของสินค้าตามการระบุมาให้พิจารณา ในการศึกษาครั้งนี้จำกัดด้วยเวลา ไม่สามารถดำเนินการดังนี้ได้ แต่ได้พิจารณาอุปกรณ์สำหรับการติดตั้ง VoIP บนเครือข่ายทบวงฯ ว่าบริษัท ซิสโก้ ซิสเต็ม (ประเทศไทย) จำกัด เป็นผู้ผลิตที่เหมาะสมที่สุด โดยใช้เหตุผลประกอบหลายประการ ดังนี้ เป็นผู้ผลิตอุปกรณ์ที่ทางทบวง ฯ เลือกใช้อุปกรณ์ในการสร้างระบบเครือข่ายสารสนเทศเพื่อพัฒนาการศึกษาอยู่แล้ว ดังนั้นผู้ผลิตรายนี้น่าจะมีเข้าใจโครงสร้างเครือข่ายฯ เป็นอย่างดี การดำเนินการจะมีความต่อเนื่อง และผู้ผลิตน่าจะเสนออุปกรณ์ได้อย่างเหมาะสมที่สุด และน่าจะสามารถหมุนเวียนสินค้าที่ซื้อมาก่อนหน้านี้กับสินค้าใหม่ที่ต้องการเพิ่มการประยุกต์ แอพพลิเคชั่น VoIP นอกจากเหตุผลดังกล่าวแล้วยังได้คำนึงถึงข้อแนะนำบางประการประกอบการพิจารณา เป็นเกณฑ์ช่วยในการคัดเลือก vendor ดังนี้

1. อุปกรณ์สนับสนุนมาตรฐานสากล (Standard base for interoperability) พบว่าอุปกรณ์สนับสนุน VoIP ได้รับการออกแบบโดยยึดมาตรฐาน H.323
2. Voice Quality Control ตัว Router ที่มีขายในท้องตลาดปัจจุบัน มีคุณสมบัติ (C) router - level QoS โดยใช้เทคนิค

- Smart Queuing : priority queuing, custom queuing, weighted fair queuing และ

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

weighted random early detection ซึ่งทำให้ router ทราบว่า แพ็กเก็ตประเภท time - sensitive ต้องใช้อยู่ต้นคิว และได้รับสิทธิในการส่งไปก่อน

- Filtering and shaping : ด้วยความสามารถในการทำ traffic shaping และ FR traffic shaping

3. Scalability พบว่าอุปกรณ์สนับสนุน VoIP มีลักษณะเป็น Chassis ที่ออกมาเป็น series สำหรับ series ที่สนับสนุน VoIP มี Series คือ 2600 , 3600 , 3800 และ AS4300 server แต่ละ series จะมี หลากหลายแบบให้เลือก เช่นรุ่น 2600 จะมี 6 รุ่น เพื่อให้เหมาะกับลักษณะการเชื่อมต่อขององค์กร และ สามารถใช้การ์ดเสียบ เพื่อใช้ application อื่นๆ โดยเฉพาะ VoIP จะมีลักษณะของ modular ที่สามารถร่วมกันใช้ได้ ระหว่าง chassis ต่าง series ต่างรุ่นเพื่อ ความสะดวกในการขยายระบบหรือเปลี่ยนแปลงระบบในอนาคต
4. Hardware and software flexibility จะมีความสามารถของการใช้อุปกรณ์ร่วมกัน และ IOS Software จะสนับสนุนการ configure hardware หลายรุ่น
5. บริหารจัดการง่าย จะมีตัวช่วย (voice management) ในการทำ configureและเซ็ตอัพระบบตลอดจนสามารถทำ remote control ได้
6. มีระบบรักษาความปลอดภัย โดยมีทางเลือกให้หลายทางทั้งแบบ feature ทั่วไป พ่วง firewall, สามารถทำ encryption หรือประเภทรวม
7. End - to - end solution เพื่อแน่ใจว่าการส่งแพ็กเก็ตจะไปถึงปลายทางได้
8. มีประสบการณ์ , ที่ภาระในด้านเครือข่ายทั้ง data และ voice พบว่า บริษัท ซิสโก้ฯ จัดเป็นผู้ผลิตชั้นนำในด้านอุปกรณ์ router โดยเฉพาะที่สนับสนุน VoIP (Delivering VoIP, 1997 : 30) , โดยที่หากศึกษาถึงพัฒนาการเกี่ยวกับทักษะในการผลิตอุปกรณ์และช่วยจัดระบบเครือข่าย voice service call พบว่ามีการดำเนินการ เป็นระยะๆ ดังนี้

- ระยะที่ 1 ริเริ่ม circuit emulation service
- ระยะที่ 2 TDM replacement
- ระยะที่ 3 เน้นการทำงานของอุปกรณ์บนโปรโตคอล ATM
- ระยะที่ 4 เน้นการลดหรือใช้ประโยชน์แบนด์วิดท์ให้เกิดประโยชน์สูงสุดด้วยการใช้เทคนิค voice compression (ADPCM , CLEP) silence detection and suppression และ fax - modem detection

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ตัวอย่างที่แสดงถึงการยอมรับในอุปกรณ์ หรือ ความเป็นผู้นำเทคโนโลยี voice, data คือการที่ บริษัท ไซเบส (Sybase, Inc.) ได้คัดเลือกอุปกรณ์ router ของ ซิสโก้ (2600 series) ในการสร้างเครือข่าย WAN เชื่อมต่อสาขากว่า 100 สาขาทั่วโลกของไซเบส และพบว่าเป็นอุปกรณ์ที่ให้คุณภาพเสียงใช้ได้ดี ง่ายต่อการติดตั้ง และการบริหาร

จากการให้คำปรึกษาของผู้ผลิตซิสโก้ ในการประยุกต์ VoIP บนเครือข่ายสารสนเทศเพื่อพัฒนาการศึกษา ทบวงมหาวิทยาลัยนี้ พบว่าโครงสร้างพื้นฐานของเครือข่าย เป็นลักษณะการเชื่อมต่อการให้บริการของ ATM และ Frame relay ในลักษณะ Service Network Interworking ซึ่ง router และซอฟท์แวร์ ของผู้ผลิตซิสโก้ สามารถสนับสนุนการทำงานได้อย่างครอบคลุมและจะทำหน้าที่เชื่อมต่อการทำงานของเครือข่าย ATM และ Frame relay ดังนั้นรูปแบบระบบจะเป็นไปในลักษณะการต่อเชื่อมแบบเดิมเพียงแต่เปลี่ยน router รุ่น 2501 เป็น รุ่น 2611 และ 3640 feature สำหรับอุปกรณ์ router ทั้งสองรุ่น ดังแสดงในตารางที่ 7

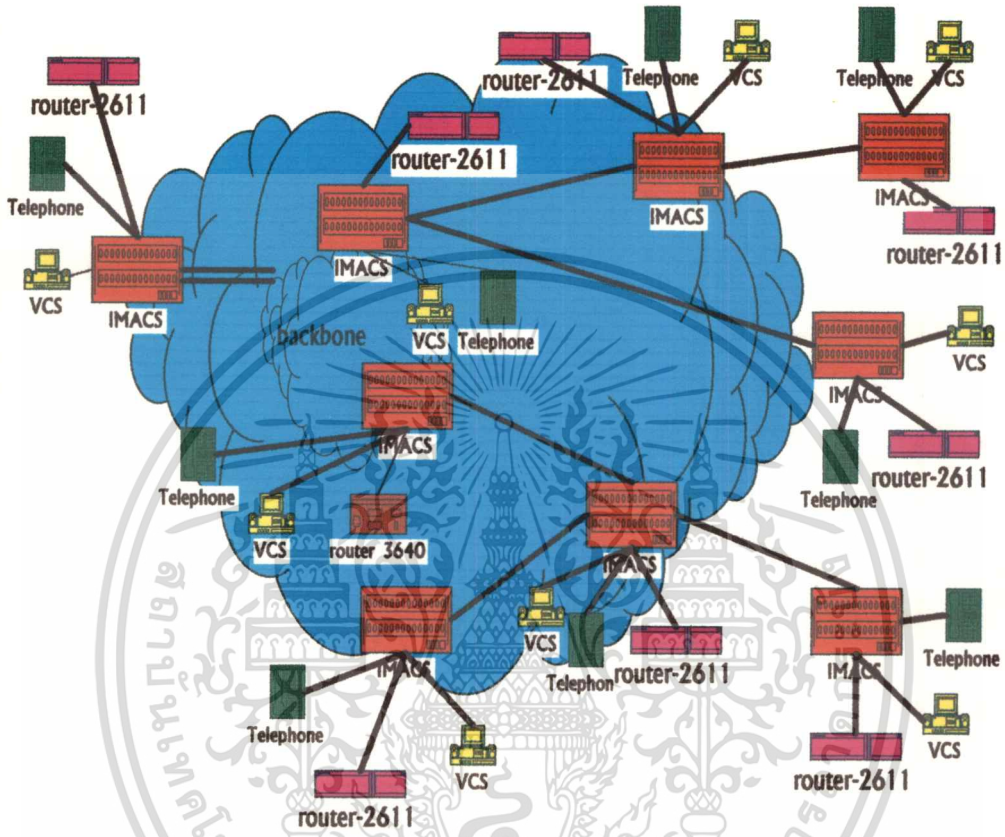
ตารางที่ 7 เปรียบเทียบ feature ของ cisco router ที่สนับสนุนแอพพลิเคชั่น VoIP

Feature	Cisco 3600 series		Cisco 2600 series
	Cisco 3640	Cisco 3620	(2610, 2611, 2612,2613)
Processor Type	100-MHz IDT R4700 RICE	80-MHz IDT R4700 RISE	40-MHz (261X), 50-MHz (262X)
Flash Memory	4-MB, upgradable to 32-MB	4-MB, upgradable to 32-MB	4-16 MB (32MB Max. on 262x)
System Memory	16-MB DRAM, upgradable to128-MB DRAM	16-MB DRAM, upgradable to 64-MB DRAM	24-64 MB DRAM
Network Module Slots	4 slot	2 slot	1 slots
Power	AC, DC or Redundant Power Supply	AC, DC or Redundant Power Supply	AC, DC
Dimonsions	17.5" width x 3.44" hoight a 15.75" depth	17.5" width x 1.69" hoight a 14.25" depth	17.5" width c 1.69" height x 11.8" depth (weight 4.02-4.66 Kg)
Performance	50 - 70 Kpps	20 - 40 kpps	15 - 25
Console and auxiliary Ports (up to 115.2 kbps)	Yes	Yes	Yes
Rack and Wall Mounting	Yes	Yes	Yes
Dual Type II PCMCIA slot	yes	yes	yes
Price	90,000 - 150,000	100,000 - 185,000	65,000 - 125,500

หมายเหตุ : ทุก router จะมี WIC (Wan Interface card) slot 2 slot สำหรับ series 3600 และ 1 slot สำหรับ series 2600

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

การเชื่อมต่อจากศูนย์กลางไปเกตเวย์กรุงเทพฯ ไปเกตเวย์ภาค ถึงโหนด เล็กๆปลายทาง จะเป็นดังแสดงในภาพที่ 17



รูปที่ 17 : การเปลี่ยนแปลงการเชื่อมต่อเครือข่ายสารสนเทศเพื่อพัฒนาการศึกษา ทบวงมหาวิทยาลัย เพื่อการประยุกต์แอพพลิเคชั่น VoIP

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

บทที่ 5

วิเคราะห์ความเหมาะสมในการประยุกต์เทคโนโลยี VoIP บนเครือข่ายสารสนเทศเพื่อพัฒนาการศึกษา ทบวงมหาวิทยาลัย

ทบวงมหาวิทยาลัยเป็นหน่วยงานหลักที่ดูแลการพัฒนาระบบการศึกษาในระดับอุดมศึกษา จึงมีความเหมาะสมที่ทบวงมหาวิทยาลัยได้มีการดำเนินโครงการพัฒนาระบบสารสนเทศเพื่อการพัฒนาการศึกษาขึ้น ถึงแม้ว่าทบวงมหาวิทยาลัยจะไม่ใช่หน่วยงานหรือองค์กรที่จัดตั้งขึ้นเพื่อการแสวงหาผลกำไรเชิงธุรกิจ แต่แนวโน้มการบริหารของประเทศมีทิศทางที่จะให้หน่วยงานราชการเล็กลง หน่วยงานที่เคยอยู่ในความดูแลของราชการที่มีศักยภาพเพียงพอที่จะบริหารจัดการและเลี้ยงตัวเองได้ควรที่จะแยกตัวเองออกมาจากภาคราชการ (privatization) ทบวงมหาวิทยาลัยแม้ว่าจะไม่ใช่หน่วยงานที่อยู่ในขอบข่ายจะต้องดำเนินการแยกตัวเพื่อบริหารงานเองโดยอิสระ การบริหารจัดการองค์กรภายใต้บริบทของสิ่งแวดล้อมร่วมสมัยก็จะเป็นตัวผลักดันให้เกิดการปรับเปลี่ยนกลวิธีหรือยุทธวิธีการบริหารจัดการองค์กรเพื่อให้ทันกับความทันสมัยขององค์กรอื่นๆ ตลอดจนมีความเหมาะสมในการเป็นผู้นำการพัฒนาระบบการศึกษาระดับอุดมศึกษาของประเทศไทยตามที่ระบุข้างต้น

สำหรับบริบทของสิ่งแวดล้อมในโลกปัจจุบันมีความท้าทายในการบริหารจัดการ ควบคุมการดำเนินกิจกรรมขององค์กรหนึ่งๆดังนี้

1. ความท้าทายในแง่ความเป็นโลกานุวัฒน์ (Globalization) : การผลักดันให้องค์กรประสบความสำเร็จส่วนหนึ่งขึ้นกับความสามารถที่จะบริหารจัดการให้สามารถเข้าสู่เครือข่ายระดับกว้างได้
2. ความท้าทายในแง่การเปลี่ยนแปลงของเศรษฐศาสตร์อุตสาหกรรมและสังคมเข้าสู่เศรษฐศาสตร์การบริหารจัดการด้วยข้อมูลเป็นหลักพื้นฐาน (Transformation of Industrial Economies) : การพิจารณาภาพรวมขององค์กรหนึ่งๆคงจะไม่พิจารณาเฉพาะประเด็นกำไร-ขาดทุนเท่านั้นอีกต่อไป แต่คงต้องพิจารณาในภาพรวมทั้งในแง่ความคุ้มทุนต่างๆในด้านการใช้ทรัพยากรให้เกิดประโยชน์สูงสุดไม่ว่าจะเป็นเงิน เวลา กำลังคนเพื่อให้เกิดกำลังการผลิตสูงสุด ความท้าทายเช่นนี้ระบบข้อมูลสารสนเทศจะสามารถช่วยให้บรรลุได้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

3. ความท้าทายในการเปลี่ยนแปลงของธุรกิจอุตสาหกรรม (Transformation of the Enterprise) : องค์กรควรจะมีสายการบังคับบัญชาที่สั้นเพื่อให้เกิดความยืดหยุ่นในการบริหารจัดการ เครือข่ายองค์กรในแต่ละส่วนควรที่จะเป็นอิสระจากกัน และ***ที่สำคัญคือควรจะมีค่าใช้จ่ายในด้านการติดต่อสื่อสารและการประสานงานที่ต่ำที่สุด***

(Laudon , Kenneth C. และ Laudon , Jane P. 1998 : 5-7)

จะเห็นว่าทบวงมหาวิทยาลัยก็อยู่ภายใต้ความท้าทายทั้งสามประการดังกล่าว โดยดำเนินการพัฒนาระบบการเรียนการสอนทางไกล เพื่อกระจายโอกาสการศึกษาในระดับอุดมศึกษาไปสู่ชนบทด้วยการประยุกต์เทคโนโลยีสารสนเทศระบบต่างๆที่ทันสมัยมาใช้ ได้แก่ Video Conferencing , Video On Demand , CAI , บนเครือข่ายหลัก ATM ซึ่งเป็นเทคโนโลยีที่เหมาะสมในการสื่อสารร่วมทั้งข้อมูล เสียง และภาพ และได้มีการติดตั้งอุปกรณ์เพื่อการขยายระบบไว้บนเครือข่ายหลักนี้ด้วย ดังนั้นโดยศักยภาพและทรัพยากรเพื่อการจัดการเทคโนโลยีสารสนเทศที่มีอยู่ ทบวงสามารถที่จะประยุกต์เทคโนโลยี VOI Network เข้ามาเพื่อช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการสื่อสารของทบวงมหาวิทยาลัยกับเครือข่ายการศึกษาในชนบทได้

อย่างไรก็ตามเนื่องจากการประยุกต์เทคโนโลยีใดๆก็ตามต้องมีการศึกษาความเป็นไปได้ในการนำไปใช้ในองค์กร (Feasibility Study) เพราะไม่ใช่ว่าเทคโนโลยีทุกอย่างจะเหมาะสม และทำให้องค์กรได้ผลกำไร หรือช่วยเพิ่มศักยภาพการทำงานขององค์กรเสมอไป

โดยหลักการพิจารณาความเป็นไปได้ในการรับเอาเทคโนโลยีใดๆเข้ามาในองค์กรมักจะพิจารณาจากความคุ้มค่า หรือผลตอบแทนการลงทุน (return on investment) แต่การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นในมิติทางธุรกิจใหม่ๆเกิดขึ้นตลอดเวลา การแข่งขันทางการค้าที่ทวีความรุนแรงทำให้องค์กรต้องเพิ่มศักยภาพของตนในด้านผลิตภัณฑ์และบริการ ตลอดจนความก้าวหน้าทางเทคโนโลยี โดยเฉพาะโครงการลงทุนในระบบสารสนเทศเป็นผลให้การประเมินการลงทุนมีการเปลี่ยนแปลงตามไปด้วย ดังแสดงในตารางที่ 8 ซึ่งเป็นการสรุปแนวคิดการลงทุนและการประเมินการลงทุนที่แตกต่างกันระหว่างแนวคิดเดิมและแนวคิดสมัยใหม่ ซึ่งในแง่การประเมินการลงทุนจะเห็นมีมุมมองการประเมินการลงทุนที่กว้างขึ้น การลงทุนและผลที่ได้ในการลงทุนในส่วนที่มีลักษณะ intangible ได้รับความสำคัญมากขึ้น อย่างไรก็ตามแม้จะมีวิธีใหม่ๆเกิดขึ้น การประเมินก็ควรต้องให้ออกมาในเชิงปริมาณ ก็ยังต้องคงไว้ ขณะเดียวกันก็ใช้วิธีการอื่นๆเสริมเข้ามา

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ตารางที่ 8 : การลงทุนและการวัดการลงทุนเปรียบเทียบแนวความคิดเดิมและแนวความคิดใหม่

แนวคิดการลงทุนแบบเดิม	แนวคิดการลงทุนแบบใหม่
คำนึงแต่ด้านผลกำไร	คำนึงผลกระทบทุกด้านที่มีต่อองค์กร
ใช้วิธีการเพื่อประหยัดการลงทุน	ใช้วิธีการที่ทำให้เกิดโอการสการลงทุนที่ดี
คิดผลตอบแทนการลงทุนในเวลา 2ปี	คิดผลตอบแทนการลงทุนที่มากกว่าเวลา 3ปี
ลงทุนในธุรกิจหนึ่งๆในเวลาหนึ่ง	คำนึงถึงความเกี่ยวพันในหลายๆธุรกิจ
เริ่มจากเล็กแล้วขยายแบบระบบMonolithic	มีลักษณะใช้ประโยชน์ร่วมกันแบบระบบ modular และ incremental
คำนึงแต่ภายในแผนกเทคโนโลยีสารสนเทศ	คำนึงถึงผลกระทบทั้งองค์กร
ความเสี่ยงอยู่ที่ด้านเทคนิก	ความเสี่ยงเป็นความเสี่ยงจากผลกระทบทุกด้านที่เกี่ยวกันกับองค์กร (organization risky)
เป็นระบบเดี่ยว (standalone system)	เน้นการเป็นเครือข่าย(interdependent and infrastructure)
บริหารจัดการในลักษณะโครงการ	บริหารจัดการในลักษณะผลตอบแทนการลงทุน (change/benefits management)

(Hogbin , Geoff และ Thomas , David V. 1998 : 13)

การหรือประเมินการลงทุนในโครงการทั่วๆไปจะวัดออกมาในรูปผลตอบแทนทางบัญชี (financial return) เช่นคำนวณว่าหากลงทุนด้วยทรัพย์สินระดับหนึ่งจะมีกำไรกี่เปอร์เซนต์ซึ่งสามารถคำนวณด้วยสูตร

ผลตอบแทนของทรัพย์สินทั้งหมด = $\frac{\text{กำไรจากการดำเนินงาน}}{\text{ทรัพย์สินรวม}} \times 100 =$ ..... เปอร์เซนต์

แต่การวิเคราะห์การลงทุนในโครงการระบบสารสนเทศ ซึ่งโดยธรรมชาติของระบบสารสนเทศก็มีความแตกต่างกับการลงทุนเชิงธุรกิจทั่วๆไป ดังนี้

1. ระบบสารสนเทศที่นำมาใช้จะไม่ใช่ระบบสุดท้าย แต่จะมีการพัฒนาเปลี่ยนแปลงไปเรื่อยๆมีการเพิ่มอุปกรณ์และเทคโนโลยีใหม่ๆเข้ามาในระบบเสมอ
2. การลงทุนเพื่อการพัฒนาพนักงานระบบสารสนเทศ จัดเป็นค่าใช้จ่ายในการลงทุนอย่างหนึ่ง และจัดเป็นส่วนหนึ่งของคุณค่าทรัพยากรของระบบสารสนเทศ องค์กรที่มีการรับเอาเทคโนโลยีสารสนเทศเข้ามาต้องมีการลงทุนทางด้านบุคลากรเสมอ
3. ระบบสารสนเทศเป็นกลยุทธ์ (tactics) เพื่อสนับสนุนยุทธวิธีทางธุรกิจ ประสิทธิผล

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ของระบบสารสนเทศจึงขึ้นอยู่กับคุณภาพของยุทธวิธีด้วย คุณค่าของระบบสารสนเทศจึงไม่ควรมุ่งเน้นไปที่ความสามารถในการทำกำไรซึ่งเป็นตัวเลขเชิงปริมาณเท่านั้น แต่ควรจะคำนึงถึงคุณค่าของระบบในการช่วยทำให้องค์กรมีระบบการทำงานที่ดีขึ้น หรือมีความสามารถในการสนับสนุนต่อยุทธวิธีเชิงธุรกิจขององค์กรได้ดีขึ้น หรือทำให้ลูกค้าพึงพอใจต่อองค์กรมากขึ้น หรือช่วยเพิ่มภาพลักษณ์ให้องค์กรมีความน่าเชื่อถือมากขึ้น เป็นต้น เหล่านี้จัดเป็น Intangible Benefits ที่ไม่อาจวัดหรือตีค่าออกมาเป็นตัวเลขได้ การประเมินการลงทุนในลักษณะนี้ถือว่าเป็นการประเมินในรูปผลตอบแทนเชิงเศรษฐศาสตร์ (Economic Returns) ซึ่งลักษณะการประเมินจะออกมาเป็นข้อมูลเชิงคุณภาพมากกว่า

อย่างไรก็ตามการประเมินโครงการระบบสารสนเทศแม้ว่าข้อมูลที่ได้จะเป็นข้อมูลในลักษณะเชิงคุณภาพ การวัดก็จำเป็นต้องตีค่าออกมาในลักษณะเชิงตัวเลขด้วย ด้วยการหาแนวทางแปร (convert) คุณค่าเหล่านี้ออกมาในรูปเชิงบัญชี

การประเมินการลงทุนที่มีลักษณะเป็น Intangible Benefits โดยหลักการแล้วสามารถดำเนินการได้หลายวิธี ดังนี้

1.การวัด Event Risk

1.1 เป็นการวัดสิ่งที่จะมีผลกระทบต่อมูลค่าของการลงทุนในโครงการ จะพิจารณาเฉพาะเหตุการณ์ที่สามารถทำนายได้เท่านั้น เช่นจำนวนของลูกค้า

1.2 เป็นการวัดความยืดหยุ่นของโครงการ

โดยที่ความเสี่ยงจะถือเป็นค่าใช้จ่ายของโครงการ แต่ความยืดหยุ่นจะเป็นตัวลดผลกระทบจากความเสี่ยงของเหตุการณ์และช่วยเพิ่มมูลค่าของโครงการ ตัวอย่างของความยืดหยุ่นของโครงการ เช่น การนำระบบ LAN มาใช้ในองค์กรจะทำให้องค์กรสามารถนำแอพพลิเคชั่นใหม่ๆ มาใช้ ทำให้ผู้ใช้ในองค์กรสามารถติดต่อกันโดยวิธี on-line ทำให้ผู้ใช้ได้รับความสะดวกสบายในการติดต่อสื่อสารมากขึ้น ทำให้การติดต่อสื่อสารขององค์กรสามารถที่จะควบคุมระบบความปลอดภัยมากขึ้น

เทคนิกการวัดทั้ง Event Risk และ Flexibility นี้ โดยทั่วไปสามารถดำเนินการวัดได้สามวิธี คือ Sensitivity Analysis , Monte Carlo Simulation และ Decision Tree Analysis แต่สำหรับกรณีของการประยุกต์ VoIP บนเครือข่ายของทบวงมหาวิทยาลัย คงจะไม่จำเป็นต้องวัด Event Risk และ Flexibility เนื่องจาก

◆ ความเสี่ยงที่เกิดขึ้น (risk)ที่จะเกิดขึ้นน่าจะเป็นตัวเทคโนโลยีเองว่าสามารถที่จะประยุกต์ใช้ได้จริงหรือไม่ประเด็นนี้จะเกี่ยวข้องกับคุณภาพของเสียงว่าจะดีเพียงพอในด้านการใช้งานจริงได้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

หรือไม่ ถ้าหากพิจารณาจากผลการทบทวนวรรณกรรมที่ระบุในบทที่ 3 ของการศึกษาโครงการนี้ก็พอจะมีหลักฐานว่าการประยุกต์ใช้งานทำได้จริง นอกจากนี้ในด้านการสนับสนุนอุปกรณ์โดยเฉพาะ IP Voice Gateway ในปัจจุบันก็มีผู้ผลิตจำหน่ายมากมายในราคาที่สามารถหาซื้อได้

◆ความเสี่ยง(risk) ที่อาจจะเกิดจากตัวผู้ใช้ก็ไม่น่าจะเป็นปัญหาเนื่องจากการประยุกต์ VoIP เข้ามาในทบวงฯ ไม่มีความเกี่ยวข้องที่จะให้ผู้ใช้ต้องรับการฝึกอบรมเพิ่มเติมแต่อย่างไร ผู้ใช้ยังคงใช้โทรศัพท์ที่คุ้นเคยอย่างเดิม

◆ risk ในแง่กฎหมาย ในประเด็นเทคโนโลยีนี้ยังเป็นปัญหาในแง่การล่วงละเมิดสิทธิการสื่อสารของกลุ่มผู้ทำธุรกิจให้บริการโทรศัพท์ทางไกลอยู่ อย่างไรก็ตามการประยุกต์ของทบวงมหาวิทยลัยถือว่าเป็นการใช้บนเครือข่ายของทบวงฯเองไม่ได้ผ่านเครือข่ายสาธารณะ Internet ก็ไม่น่าจะเป็นปัญหาในภายหลัง

2. การวัด Intangible Benefits

โดยทั่วไป Intangible Benefits ที่เกิดขึ้นจะแบ่งเป็น

2.1 ประโยชน์ ที่เกิดขึ้นในปัจจุบัน (On-going) ได้แก่ การปรับปรุงคุณภาพภายในขององค์กร (Internal Improvement) ได้แก่ การใช้ทรัพยากรได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น การบริหารจัดการหรือการควบคุมองค์กรได้ง่ายขึ้น เป็นต้น และบริการลูกค้าที่ดีขึ้น (Customer Service) เช่นคุณภาพการบริการดีขึ้น การส่งมอบสินค้าทำได้เร็วขึ้น ระบบการสนับสนุนทำได้ดีขึ้น เป็นต้น

2.2 ประโยชน์ที่เกิดขึ้นในอนาคต (Spotting Future Opportunities) ได้แก่ความสามารถสนองความต้องการตลาดได้ดีขึ้น (Foresight) หรือมีความสามารถในการปรับตัวตามการเปลี่ยนแปลงของตลาดได้ดียิ่งขึ้น (Adaptability)

สำหรับการประยุกต์เทคโนโลยี VoIP แบบ Phone-to-Phone ตัวเลขที่สามารถแสดงความคุ้มค่าในการลงทุนขณะ นี้คงต้องอาศัย **ตัวเลขที่เป็นค่าการสื่อสารด้วยโทรศัพท์ของทบวงมหาวิทยาลัยเปรียบเทียบกับการจัดซื้ออุปกรณ์ gateway** ดังนี้

- ค่าโทรศัพท์ของทบวงมหาวิทยาลัย

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ตารางที่ 9 : ค่าใช้จ่ายในการติดต่อสื่อสารทางโทรศัพท์จำแนกตามประเภทของการใช้โทรศัพท์เป็นรายเดือน (หน่วยเป็นบาท)

เดือน	ทางใกล้	ทางไกล (ในประเทศ)
มกราคม	63,388.38	27,436.00
กุมภาพันธ์	68,780.40	19,629.00
มีนาคม	68,780.14	11,179.00
เมษายน	53,804.96	9,826.00
พฤษภาคม	66,819.20	9,034.00
มิถุนายน	59,080.00	7,566.00
กรกฎาคม	52,043.60	8,466.00
สิงหาคม	60,232.04	34,109.00
กันยายน	69,110.90	28,095.00
ตุลาคม	95,310.16	46,176.00
พฤศจิกายน	93,109.94	59,631.00
ธันวาคม	93,003.60	28,626.00
รวม	**843,463.32**	**289,773.00**

<u>หมายเหตุ</u> :

ข้อมูลอาจจะคลาดเคลื่อนจากตัวเลขจริงที่เบิกจ่ายในงบประมาณของทบวงมหาวิทยาลัยถ้าพิจารณาจากยอดรายเดือน เนื่องจากตัวเลขการจ่ายค่าโทรศัพท์ของทบวงเป็นการจ่ายที่ไม่ได้ตรงตามเดือนจริง ขึ้นกับการเรียกเก็บของทศท. แต่ตัวเลขที่ได้จากการศึกษาครั้งนี้เกิดจากการนับสะสมเป็นรายเดือนตามการระบุเดือนการใช้จริง โดยมีวิธีการคิดดังนี้

1. ตัวเลขที่ได้ในช่องค่าใช้จ่ายโทรศัพท์ทางไกลเป็นตัวเลขที่คำนวณรวมจากใบฎีกาเรียก เก็บค่าโทรศัพท์ของทศท. และกสท.เป็นรายเดือนจริง นับจำนวนการใช้ตามหมายเลขโทรศัพท์ของที่หมายปลายทางเฉพาะที่อยู่ในระบบเครือข่ายเท่านั้น ในช่องที่ไม่สามารถแสดงตัวเลขได้เนื่องจากไม่สามารถหาใบฎีกาที่ทบวงมหาวิทยาลัยได้ สำหรับในช่องที่มีตัวเลขแสดงสามารถดูข้อมูลแยกตามที่หมายปลายทางได้จากเอกสารในภาคผนวก

2. ค่าใช้จ่ายในช่องโทรศัพท์ทางใกล้รวบรวมจากยอดแสดงการใช้ที่ ทศท. เรียกเก็บจากทบวงมหาวิทยาลัยนับตามเดือนจริงหักด้วยค่าใช้ที่เกิดจากการใช้ โทรศัพท์ตามบ้านพักข้า

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ราชการของทบวงมหาวิทยาลัย เนื่องจากไม่ใช่เป็นการโทรที่อยู่ในเส้นทางในระบบเครือข่าย บวกด้วยค่าโทรศัพท์มือจากการโทรมือถือ

(กสท หมายถึง การสื่อสารแห่งประเทศไทย

ทศท หมายถึง องค์การโทรศัพท์แห่งประเทศไทย)

รวมค่าโทรศัพท์ตลอดปีของทบวงมหาวิทยาลัย

1.ค่าโทรศัพท์ทางใกล้	843,463.32	บาท
2.ค่าโทรศัพท์ทางไกล	289,773.00	บาท
3.ค่าภาษีต่อเดือน	168,076.80	บาท
รวม	**1,301,313.12**	**บาท**

ค่าใช้จ่ายในการลงทุน จะเป็นค่าอุปกรณ์ในการประยุกต์เทคโนโลยี VoIP ดังนี้

- router 3640	จำนวน 1 ตัว ๆละ 245,000.00	เป็นเงิน	245,000.00	บาท
- router 2611	จำนวน 36 ตัว ๆละ 101,500.00	เป็นเงิน	3,654,000.00	บาท
- VIC	จำนวน 67 ตัว ๆละ 14,000.00	เป็นเงิน	938,000.00	บาท
- VNM	จำนวน 38 ตัว ๆละ 17,000.00	เป็นเงิน	646,000.00	บาท
	รวมทั้งสิ้นเป็นเงิน		**5,483,800.00**	**บาท**

การคำนวณการทดแทนการใช้โทรศัพท์ของทบวงมหาวิทยาลัยโดยคำนวณจากอัตราการใช้โทรศัพท์เฉลี่ยรายเดือน ซึ่งแสดงผลสรุปเกี่ยวกับ จำนวนครั้งของการใช้ต่อวัน ความถี่ในกาใช้ และ ระยะเวลาในการใช้ต่อครั้ง ดังแสดงในตาราง ที่ 10

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ตารางที่ 10 ผลการศึกษารูปแบบการใช้โทรศัพท์ของทบวง

เดือน	จำนวนครั้งของการใช้ต่อวัน			รวมจำนวนครั้งของการใช้ต่อวัน	ระยะเวลาในการใช้ นาที / ครั้ง		
	ทางไกล	มือถือ	ทางใกล้		ทางไกล	มือถือ	ทางใกล้
มกราคม	35	25	80	140	-	-	3.01
กุมภาพันธุ์	26	20	74	120	-	-	1.9
มีนาคม	18	18	66	102	-	-	2.1
เมษายน	19	17	67	103	-	-	1.77
พฤษภาคม	22	22	89	133	-	-	4.2
มิถุนายน	9	13	52	74	2.66	2.88	3.2
กรกฎาคม	11	14	57	82	2.5	3.05	2.5
สิงหาคม	39	22	117	178	3.06	3.1	4.1
กันยายน	39	15	61	115	-	-	2.5
ตุลาคม	149	16	66	231	3.30	3.06	3.7
พฤศจิกายน	64	40	83	187	2.9	4.12	1.8
ธันวาคม	31	21	36	88	3.05	2.99	3.1

จากตารางหากใช้ค่าที่มากที่สุด (worse case) คือ 231 ครั้ง ต่อวัน และใช้เวลาเฉลี่ยของการใช้โทรศัพท์ ที่ได้จากการวิเคราะห์จากใบรายการการใช้โทรศัพท์ของทบวงมหาวิทยาลัยในแต่ละเดือนคือ 5.7 นาที โดยคิดว่าเวลาการใช้โทรศัพท์เป็นวันละ 8 ชั่วโมง ซึ่งการคิดคำนวณจริงต้องคิดว่า **231 ครั้ง** จะเป็นการใช้ภายใน 4 ชั่วโมงเท่านั้น เนื่องจากเป็นตัวเลขเฉพาะโทรศัพท์ขาออกเท่านั้น

ดังนั้น ถ้าการใช้โทรศัพท์ใช้ติดต่อกันตลอดเวลา ใน 1 วัน จะมีเวลาในการโทรศัพท์ 4*60 นาที ถ้าอัตราการใช้โทรศัพท์เฉลี่ย 5.7 นาที ต่อครั้ง จำนวนครั้งในการโทรศัพท์จะเป็น240/5.7 เท่ากับ 42 ครั้ง ต่อ 1 คู่สาย ในกรณีของทบวงมหาวิทยาลัยจะมีคู่สายจำนวน 12 คู่สาย ดังนั้นจะสามารถโทรได้จำนวน 12*42 ซึ่งเท่ากับ **504 ครั้ง** ซึ่งสามารถทดแทนการใช้ได้ทั้งหมดในกรณีที่อัตราการใช้สูงมากอย่างเช่นในเดือนพฤศจิกายน ดังนั้นการเปลี่ยนแปลงในระบบโทรศัพท์ใหม่นี้จะสามารถทดแทนการใช้โทร ศัพท์ในสถานการณ์การใช้ปัจจุบันได้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

- ความคุ้มทุนในการลงทุน โดยทั่วไปการวัดการลงทุน (The Value of Investing) มีวิธีการวัดได้หลายวิธี คือ The Disappointment with Cost / Benefit Analysis , The Non Discounted Techniques และ Discounted technique ในที่นี้จะพิจารณาใช้วิธี Discounted Technique โดยกำหนดให้อัตราเงินเฟ้อ (inflation rate) มีค่า 8 เปอร์เซนต์ตามสถานการณ์ในปัจจุบัน การวัดการลงทุนในลักษณะหาผลตอบแทนการลงทุนในโครงการศึกษานี้มีดังนี้

ปี	discounted factor $(1+\text{อัตราเงินเฟ้อ})^{\text{ปี}}$	discounted rate (1/discounted factor)	presented value จำนวนเงินที่ต้องการหา* discounted rate	การคืนการลงทุน
0	1	1		-5,483,800.00
1	1.08	0.925925926	1204919.56	-4,278,880.44
2	1.1664	0.85733882	1115666.26	-3,163,214.19
3	1.259712	0.793832241	1033024.31	-2,130,189.88
4	1.36048896	0.735029853	956503.99	-1,173,685.89
5	2.426112	0.412182125	536378.01	-637,307.88
6	1.586874323	0.630169627	820048.00	182,740.12

จากตารางปีคุ้มทุนในการลงทุนประยุกต์แอพพลิเคชั่น VoIP บนเครือข่ายสารสนเทศเพื่อพัฒนาการศึกษา ทบวงมหาวิทยาลัย คือปีที่ 6

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

บทที่ 6
สรุปผลการศึกษา

จากการศึกษาโครงการศึกษากรณีพิเศษ เรื่องเทคโนโลยี VoIP : กรณีศึกษาเครือข่ายสารสนเทศเพื่อการศึกษา ทบวงมหาวิทยาลัย โดยมีวัตถุประสงค์ในการศึกษา เพื่อวิเคราะห์ความเป็นไปได้ในการประยุกต์เทคโนโลยี VoIP บนเครือข่ายสารสนเทศเพื่อการศึกษา ทบวงมหาวิทยาลัย ทั้งในเชิงเทคโนโลยี และในเชิงผลตอบแทนการลงทุน

ในการศึกษาได้ทำการทบทวนเทคโนโลยี VoIP ซึ่งพบว่า ถึงแม้จะเป็นเทคโนโลยีซึ่งเริ่มมีการพัฒนาในช่วง 5 - 6 ปี แต่การพัฒนามีการดำเนินไปอย่างรวดเร็วและต่อเนื่อง จะเห็นได้จากผู้ผลิตอุปกรณ์ฮาร์ดแวร์และซอฟท์แวร์รายใหญ่ และแนวหน้าของวงการคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศ ต่างให้ความสนใจในการค้นคว้าพัฒนาและทำการผลิตอุปกรณ์สนับสนุนการประยุกต์เทคโนโลยี VoIP รวมทั้งองค์กรธุรกิจต่างๆ ต่างตระหนักถึงประโยชน์ที่จะได้รับจากการรวบรวมการสื่อสารข้อมูลและเสียง (voice and data) เข้าด้วยกัน หากติดตามความคืบหน้าจากข่าวคอมพิวเตอร์ตามหน้าหนังสือพิมพ์, วารสาร ต่างๆ จะสามารถสรุปได้ว่าผู้ผลิตต่างๆ ให้ความสนใจและแข่งขันในการค้นคว้าพัฒนา จึงนับได้ว่าเทคโนโลยี VoIP เป็นเทคโนโลยีที่มีอนาคต ตลอดจนมีแรงดึงดูดที่จะทำให้องค์กรต่างๆหันมาให้ความสนใจในการประยุกต์เทคโนโลยีนี้เข้าสู่องค์กร ทั้งนี้เนื่องจากสามารถลดค่าใช้จ่ายในด้านโทรศัพท์ทั้งทางไกลและทางใกล้ลงได้ ตลอดจนคุณภาพการบริการก็สามารถปรับให้มีระดับใดก็ได้ตามการออกแบบและการเลือกใช้อุปกรณ์ นอกจากนี้การเซ็ตระบบก็ไม่ยุ่งยากเนื่องจากมักจะมีซอฟท์แวร์ที่ช่วยจัดการในการเซ็ตระบบ ตลอดจนการดูแลรักษาในภายหลังด้วย นอกจากนี้ระบบการรักษาความปลอดภัยของการติดต่อสื่อสารก็มักถูกออกแบบมาพร้อมกับฮาร์ดแวร์ และซอฟท์แวร์ด้วย

สำหรับการประยุกต์เทคโนโลยี VoIP บนเครือข่ายสารสนเทศเพื่อพัฒนาการศึกษา ทบวงมหาวิทยาลัย โดยมีเป้าหมายเพื่อลดค่าใช้จ่ายของการสื่อสารด้วยโทรศัพท์ ตลอดจนการใช้ประโยชน์ของเครือข่ายการสื่อสารความเร็วสูงให้เกิดประโยชน์ในการใช้สูงสุด จากการศึกษาพบว่า สถานะของเครือข่ายในปัจจุบันมีศักยภาพเพียงพอที่จะประยุกต์เทคโนโลยี โดยคำนึงถึงคุณภาพของการบริการ (QoS) ด้วย ด้วยการวิเคราะห์แบนด์วิดท์ที่มีเหลืออยู่บนทราฟฟิกการสื่อสารข้อมูล (data), ค่าหน่วยเวลาในการส่งข้อมูลของแต่ละไซต์บนเครือข่ายสารสนเทศเพื่อการศึกษาของทบวงมหาวิทยาลัย ตลอดจนวิเคราะห์ถึงความสำเร็จของการส่งข้อมูลในแต่ละไซต์ ด้วยการวิเคราะห์ parameter ทั้งหมดนี้ พบว่ามีความเป็นไปได้ในการประยุกต์ VoIP บนเครือข่ายฯ นอกจากนี้ยังได้

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

พิจารณาถึงอุปกรณ์สำหรับการติดตั้งระบบ ได้แก่ router , network module , voice interface card , และอุปกรณ์เชื่อมระบบเข้าสู่เครือข่าย พบว่าบริษัทผู้ผลิตมีมาตรฐานของเทคโนโลยีในการออกแบบที่ได้มาตรฐาน และคำนึงถึงความสะดวกในการขยายระบบ นอกจากนี้จากการสอบถามเจ้าหน้าที่ผู้ดูแลระบบเครือข่ายของสำนักงานเทคโนโลยีสารสนเทศเพื่อพัฒนาการศึกษา พบว่าโดยโครงสร้างของเครือข่ายในปัจจุบัน (ดังเอกสารในภาคผนวก) จะมีการปรับปรุงให้สามารถสื่อสารระหว่างไซต์บนเครือข่ายได้โดยตรง จะทำให้จำนวน hop ระหว่างไซต์ใดๆลดลง นอกจากนี้จะปรับเปลี่ยนการเชื่อมต่อเพื่อลดทราฟฟิกระหว่างไซต์ที่มีการสื่อสารกันมาก (ดังเอกสารในภาคผนวก) ซึ่งจะส่งผลดีต่อคุณภาพการสื่อสาร VoIP ยิ่งขึ้นอย่างไรก็ตามผลการศึกษาการเชื่อมต่อในแต่ละ campus network พบว่าแต่ละcampus ไม่ได้มีการเชื่อมต่อกับเครือข่ายสารสนเทศเพื่อพัฒนาการศึกษาของทบวงมหาวิทยาลัยเท่านั้น แต่ยังได้มีการเชื่อมต่อการสื่อสารกับเครือข่ายหลักอื่นด้วย เช่น ไทยสาร อาทิ ม. เกษตร ม.เชียงใหม่ ม.เกษตร จุฬาลงกรณมหาวิทยาลัย เป็นต้น ดังนั้นผลการศึกษาเกี่ยวกับระดับทราฟฟิก และ การหน่วงเวลาในการส่งข้อมูล อาจจะไม่ใช่ภาพที่สามารถใช้แทน parameter ดังกล่าวในสถานการณ์จริงทั้งหมด ดังนั้นหากจะประยุกต์เทคโนโลยี VoIP บนเครือข่ายสารสนเทศเพื่อพัฒนาการศึกษาของทบวงฯ นี้ จะต้องคำนึงถึงประเด็นดังกล่าว และทำการศึกษาเพิ่มเติมต่อไป

สำหรับผู้ผลิตอุปกรณ์ VoIP Gateway นอกจากผู้ผลิตคือบริษัท ซิสโก้ ซิสเต็มส์ ประเทศไทย จำกัด ในปัจจุบันบริษัทไอบีเอ็ม แห่งประเทศไทยก็มีความสนใจผลิตอุปกรณ์สนับสนุนแอพพลิเคชั่นนี้ และได้เสนอ VoIP Gateway ที่สนับสนุนการทำงานร่วมกันทั้งเครือข่ายเทีเอ็ม และเฟรมรีเลย์ ตามเอกสารที่แนบในภาคผนวก ดังนั้นในการประยุกต์จริงในอนาคตอาจจะทำ request for proposal อย่างน้อยผู้ผลิตสองรายตามคำแนะนำทางทฤษฎี อาจจะทำให้การประยุกต์แอพพลิเคชั่น VoIP บนเครือข่ายสารสนเทศเพื่อพัฒนาการศึกษา ทบวงมหาวิทยาลัยมีประสิทธิผลและประสิทธภาพมากขึ้น

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

บรรณานุกรม

วสันต์ อาชาเดโชพล. ระบบโทรศัพท์ดิจิตอล กรุงเทพฯ : หจก.สนพ.ฟิสิคส์เซนเตอร์ , 2536.

ทบวงมหาวิทยาลัย รายงานฉบับสมบูรณ์ โครงการศึกษา สำรวจ ออกแบบ และจัดทำรายละเอียดโครงการเครือข่ายสารสนเทศเพื่อพัฒนาการศึกษา กรุงเทพฯ : สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. , 2540

Frenzel , Carroll W. Management of Information Technology.2nd Edition. USA : CTI , 1996.

Hogbin , Geoff and Thomas V. Investing in information Technology. England : Mcgraw Hill , 1994.

Laudon , Keinneith c. and Laudon , Jane D. Management Information System. 5th Edition. USA :Prentice Hall Inc ;1998.

Minoli , Daniel and Minoli , Emma. Delivering Voice Over IP Network. Canada : John Wiley and Sons Inc. , 1998.

กองบรรณาธิการ สยามธุรกิจรายสัปดาห์ "มหกรรมพื้นานโทรข้ามชาติร้อนระอุ โวคอลเทคนำร่องตั้งชุมสายเน็ตโฟน" 16-22 สิงหาคม 2541 : 20.

กองบรรณาธิการ สยามธุรกิจรายสัปดาห์ "ซิสโก้ผนึกฮิตาชิกร้าวรุกเน็ตโฟนควบซอฟท์แวร์ในชิปป้อนผู้ผลิต" 4-10 ตุลาคม 2541 : 21.

เจษฎา ศิวรักษ์ "Intrenet Telephony ปฏิบัติการณ์แห่งการให้บริการโทรศัพท์" BYTE. ปีที่ 4 , ฉบับที่ 43(พฤศจิกายน 2540) : 84-90.

พงษ์ศักดิ์ สุสัมพันธ์ไพบูลย์ "เครือข่ายสื่อสารข้อมูล ATM" ว. คอมพิวเตอร์รีวิว. ฉบับที่ 155 (2540) :89-97.

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ไพลิน บุญเดช . " Phone Free น้องใหม่ของโทรศัพท์อินเตอร์เนต" วิ.อินทราเนต. ปีที่ 3 ฉบับที่ 13(สิงหาคมค -กันยายน 2541) : 33-37.

อภิรักษ์ วัฒนากุลจรัส . "ประสิทธิภาพของ Sound Card ใน Internet Phone " Internet MagaZine. ฉบับที่ 27 (กันยายน 2541) : 73-75.

Cray ,Andrew . "VoIP". Datacommunication. No.37(1998) pp.57-61.

Held , Gilbert. "IP For The Next Generation" Network. 7(July 1997) : 65-73

Karve , Anita. "IP Multicast Stream to Life". Network MagaZine. 10(October1997) : 52-58.

La , David C. et al. "The Next Generation of the Internet : Aspect of the Internet Protocol V.6" IEEE Communication. 1 (January /February1998) : 29-33.

White , Paul P. "RSVP and Integrated Service in the Internet : A Tutorials" IEEE Communication. 5 (May1997) : 100-106

Gareiss, Robin "VOIP Services : The Sound Decision" [online] http://www.data.com/roundups/decision/html/

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ภาคผนวก1

ตารางที่ 1 : ผู้ผลิตอุปกรณ์ เกตเวย์ จำแนกตามคุณสมบัติเกตเวย์ในด้านต่างๆ

Vender	Product	Configuration	Architecture	Network test tool	Voice interfaces	Simultaneous voice calls	Communication types
Act Networks Inc. Camarillo,Calif.,805-388-2474 http://www.acti.com	Servicexchange 5, SX 10 Circle No. 471	Access concentrator with voice	DSP	No	Tl/El, analog	96 per gateway	Voice,fax,video modem
Ascend Communications Inc. Alameda,Calif.,510-769-6001 http://www.ascend.com	Ascend VoIP Circle No. 472	cards Voice cards for Max 4000,6000	DSP	No	Tl/El, PRI	96 per gateway	Voice
Cisco Systims Inc. San Jose,Calif.,408-526-4000 http://www.cisco.com	Voice/fax modules for 3600 series Circle No. 473	access server Voice cards for router	DSP	No	Analog	12 per gateway	Voice,fax
E-Fusion Inc. Beaverton,Ore.,506-207-6300 http://www.efusion.com	eStream Circle No. 474	Voice cards for PC server	DSP	No	Tl/El, PRI	48 per gateway	Voice
Franklin Telecommunications Corp. Westlake Village,Calif.,805-373-8688 http://www.fiel.com	Tempest Data/Voice Gateway Circle No. 475	Voice cards for chassis	DSP	No	Tl/El, analog,PRI	24 per gateway	Voice,fax
Hypercom Corp. Phoenix,602-504-5000 http://www.hypercom.com	Integrated Enterprise Network (IEN) Circle No. 476	Access concentrator	DSP	Yes	Tl/El, analog	1,024 per gateway	Voice,fax,modem
Inter-tel Inc. Chandler,Ariz,602-961-9000 http://www.inter-tel.com	Vocalnet Server Circle No. 477	with voice cards Voice cards for	DSP	No	Tl/El, analog,PRI	96 per gateway	Voice
Lucent Technologies Inc. Murray Hill,N.J.,905-582-8500 http://www.lucent.com	Internet Telephony Server Circle No. 478	PC server Voice cards for	DSP	Yes	Tl/El, analog,PRI	96 per gateway	Voice,fox
Micom Communications Corp. Simi Valley,Calif.,805-583-8600 http://www.micom.com	V/IP Phone/Fax IP Gateway Circle No. 479	PC server Voice cards for	DSP	No	Tl/El, analog	24 per gateway	Voice,fax
Motorola Inc. Mansfield,Mass,508-261-4000 http://www.mot.com/isg	Vanguard 320 Vips, MP Router Vipr series	PC server Voice cards for	DSP	No	Tl/El, analog,PRI	80 per gateway	Voice,fax
Netrix Corp. Herndon,Va.,703-742-6000 http://www.netrix.com	Circle No. 480 Network Exchange 2210	router Voice cards for	DSP	No	Tl/El, analog	168 per gateway	Voice,fax
Netspeak Corp. Boca Raton,Fla.,561-997-4001 http://www.netspeak.com	Circle No. 481 Webphone Gateway Exchange	chassis Voice cards for	DSP	No	Tl/El, analog	96 per gateway	Voice
	Circle No. 482	PC server					

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

Vender	Product	Configuration	Architecture	Network test tool	Voice interfaces	Simultaneous voice calls	Communication types
Vienna Systems Corp. Kanata,Ontario,613-591-3219 http://www.viennasys.com	Vienna.way Circle No. 486	Voice cards for PC server	DSP	No	TI/EI, PRI,BRI	96 per gateway	Voice,fax
Vocaltec Inc. Herziliya,Israel.972-9-525-858 http://www.vocaltec.com	Vocaltec Telephony Gateway Circle No. 487	Voice cards for PC server	CPU,DSP	No	TI/EI, analog	96 per ga teway	Voice,fax
RADvision Ltd. Tel Aviv,Israel,972-3-645-5220 http://www.radvision.com	L2W-323 Circle No. 484	Chassis-based standalone	DSP	No	BEI,analog	8 per gateway	Voice,video
3Com Corp. Santa Clara,Calif.,408-764-5000 http://www.3com.com	Hiper Access System for Total Control Circle No. 485	Access concentrator with voice cards	DSP	No	TI/EI PRI	312 per gateway	Voice,fax
Phonet Communication Ltd. Herziliya,Israel,972-9-950-2133 http://www.phonet.co.il	Ethergate Circle No. 483	Voice cards for PC server	DSP	No	Analog	16 per gateway	Voice,fax

BRI = Basic-rate interface
DSP = Digitas signal processor
DTMF = Dual tone multifrequency
E1 = 2,048 Mbit/s
PRI = Primary-rate interface
RSVP = Resource reservation protocol
T1 = 1,544 Mbit/s

(ที่มา : DATA COMMUNICATIONS , หน้า 48)

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ภาคผนวก 2

ตารางที่ 2 : ผู้ผลิตอุปกรณ์ เกตเวย์ จำแนกตามคุณสมบัติเกตเวย์ในด้านต่างๆ

H.323 compliance	Encoding schemes	Maximum compression	Jitter buffer	DTMF tones	Standalone gatekeeper	Latency test prior to call	RSVP	Price per port
No	Proprietary	4.8 kbit/s	Manual,150-ms default	Yes	Yes	No	No	$500(24ports),plus $3,995 for gatekeeper
Yes	G.729(A)	8 kbit/s	Variable	Yes	Yes	No	No	$750(48port), plus $3,000 and up for gatekeeper
Yes	G.729	7.9 kbit/s	Dynamic	Yes	No	No	Yes	$6,900 (full router with 4 voice ports)
Yes	G.723.1	5.3 kbit/s	Dynamic	Yes	Yes	No	No	$2,500 (24ports)
Yes	G.723.1.G.729(A)	6.3 kbit/s	Dynamic	Yes	Yes	No	No	$987 (24ports)
Yes	G.723.1,G.729 proprietary	5.3 kbit/s	Dynamic	Yes	No	No	Yes	$300 (24ports)
No	Proprietary	13.6 kbit/s	Manual,100-ms default	Yes	Yes	No	No	$1,580 (24ports),plus $230 per port for gatekeeper
Yes	G.723.1 proprietary	5.3 kbit/s	Dynamic	Yes	No	Yes	Yes	$2,520 (24ports)
No	G.723.1,G.729	5.3 kbit/s	Manual,2-to-4,000-ms default	Yes	No	No	Yes	$750 (24ports)
No	G.723.1 proprietary	5.3 kbit/s	Dynamic	Yes	No	No	Yes	$660 (24ports)
No	Proprietary	5.5 kbit/s	Dynamic	Yes	No	No	No	$500 (24ports);$390 (168ports)
No	GSM	13.6 kbit/s	Dynamic	Yes	Yes	Yes	No	$2000 (24ports)
Yes	G.723.1.G.729(A)	5.3 kbit/s	Dynamic	Yes	No	No	Yes	$600,plus $600 for PC server
Yes	G.723.1.G.729	5.3 kbit/s	Manual,40-ms default	No	Yes	No	No	$1,000 (8ports)
Yes	G.723.1.G.729	5.3 kbit/s	Manual of dynamic 30-ms default	Yes	No	Yes	No	$500
No	Proprietary	7.3 kbit/s	Manual,30-or 75-ms default	Yes	Yes	No	No	$900 (48ports), plus $5,000 for gatekeeper
Yes	G.723.1 proprietary	4.8 kbit/s	Dynamic	Yes	Yes	No	Yes	$1,400 (24port); gatekeeper price not disclosed

(ที่มา : DATA COMMUNICATIONS , หน้า 49)

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ตารางที่ 4 รายชื่อ ITSP จำแนกตามข้อมูลการให้บริการ VOIP Network

PROVIDER	SREVICE DEBUT	GATEWAY/ TYPE	DELAY / GUARANTEED	COMPRESSION	24-HOUR SUPPORT	END-USER COMMUNACATION	PRICE
AT&T	1997	not disclosed	not disclosed No	not disclosed	No	Phone-to-Phone	44 cents a minute to Europe 26 cents a minute to US
Concentric Network Corp.	1998	custom / DSP	- 150 ms (domestis - Yes	12 Kbps	Yes	Phone-to-Phone	one third the cost of circuit-swiych net
Delta Three	1996	Vocaltec / DSP	- 200 to 300 ms (internationally) - No	8 Kbps	Yes	Phone-to-Phone PC-to-Phone	20 cents a minute to US 18 cents a minute to Japan 25 cents a minute to U.K.
Global Exchange Carrier Co. / The Global Gateway Group Consortium	1996	Vienna DSP	- 400 ms (internationally) - No	8 Kbps	Yes	Phone-to-Phone PC-to-Phone	20 cents a minute US to Japan 18 cents a minute UK to Korea
Glocalnet AB	1998	not disclosed DSP	- 200 ms (domestis - 350 ms (internationally) - No	20 Kbps	Yes	Phone-to-Phone PC-to-Phone	50 percent of the Telis rates

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ภาคผนวก 3

PROVIDER	SREVICE DEBUT	GATEWAY/ TYPE	DELAY / . GUARANTEED	COMPRESSION	24-HOUR SUPPORT	END-USER COMMUNACATION	PRICE
Gric Communication Inc.	1998	any H.323 GATEWAY/	- 400 ms - No	8 Kbps	Yes	Phone-to-Phone	15 cents a minute to U.S.
Inter-tel Inc.	1997	Volcatec DSP	- 200 ms (domestis) - 300 ms (internationally) - No	13 Kbps	Yes	Phone-to-Phone	4-7.9 cents a minute (U.S. only)
ITXC Corp.	1998	Volcatec DSP or CPU	not disclosed No	11.2 Kbps	Yes	Phone-to-Phone PC-to-Phone	75 percent off intrenational rates (10 to 15 cents to U.S.)
Net2Phone	1996	custom CPU	- 250 to 300 ms (international) - No	20 Kbps	Yes	Phone-to-Phone PC-to-Phone	8 cent a minute within U.S. 10 cents a minute to U.S.
Networks Telelphony Corp.	1997	proprietary PC	- 80to120 ms. from users to ISP network	8 Kbps	Yes	PC-to-Phone	5 cents a minute (U.S. only)
Ozemail Interline Pty Ltd.	1997	custom DSP	-.No - 70 ms (domestic) - 180-280 ms (internation) , No	12 Kbps	Yes	Phone-to-Phone	7 cents (Australia) 35 cents (international)

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

PROVIDER	SREVICE DEBUT	GATEWAY/ TYPE	DELAY / GUARANTEED	COMPRESSIO	24-HOUR SUPPORT	END-USER COMMUNACATION	PRICE
Poptel GmbH	1997	Clarent / DSP	- 300 ms (Berlin) - No	8 Kbps	No	Phone-to-Phone	22 cents (Berlin to U.S.)
Qwest Communication Inc.	1998	Vienna DSP	- not disclosed - not disclosed	none	not disclose	Phone-to-Phone	5 cents a minute (U.S. only)
Telecom Finland Ltd.	1998	Volcatec CPU	- 400 to 700 ms over Internet (domestic and internation) undetachable over ATM / No	none	No	PC-to-Phone	$200 a month for Web Voice
VIP Calling Inc.	1997	Vienna DSP	- 200 ms. (internationl) No	20 Kbps	Yes (wholesale customer only)	Phone-to-Phone	13 to 29 cents (international wholesale rates)

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ภาคผนวก 4

คำศัพท์

concentrator เป็นอุปกรณ์ในการใช้งานเพื่อการสื่อสารข้อมูลให้มีประสิทธิภาพเพิ่มมากขึ้น โดยมีหลักการทำงานคือ ข้อมูลที่เข้ามาสู่อุปกรณ์นี้จะสามารถได้รับการเลือกช่องสัญญาณในการส่งได้โดยเลือกช่องสัญญาณที่ยังว่างอยู่ นอกจากนี้ยังสามารถทำการแปลง code bit rate หรือโปรโตคอลให้เข้ากับอุปกรณ์เทอร์มินอลด้วย

DTMF เป็นประเภทหนึ่งของโทรศัพท์ โดยที่อาจแบ่งเครื่องโทรศัพท์ตามลักษณะการส่งสัญญาณรหัสเลขหมายของผู้ที่ถูกเรียก จะแบ่งออกเป็น 2 ลักษณะ คือ แบบกดปุ่ม (push button หรือ DTMF) และแบบหมุน (rotary dial หรือ DP) โดยลักษณะแบบ PTMF เรียกว่าเป็นแบบมาตรฐาน เนื่องจากมีลักษณะที่เป็นประโยชน์ในการใช้ เพราะสัญญาณรหัสเลขหมาย ใช้สัญญาณ 2 ความถี่ คือ สูง (1205 Mg ขึ้นไป) และต่ำ (942 Mg ลงมา) และมีการใช้ระบบคอมพิวเตอร์เข้ามาเกี่ยวข้องทำให้

1. ค่าเฉลี่ยของเวลาในการส่งรหัสัญญาณต่อ 1 เลขหมายน้อย (ประมาณ 0.7 วินาที ต่อเลขหมาย) จึงส่งสัญญาณได้เร็วกว่า เกือบ 10 เท่า
2. จำนวนรหัสที่ใช้มากกว่า (12 - 16 รหัส) ทำให้สามารถใช้บริการพิเศษได้สะดวก เช่น เพิ่มปุ่มเครื่องหมาย * และ # ซึ่งทำให้ผู้ใช้สามารถใช้บริการเพิ่มเติมอื่นๆได้ถึง 8 บริการ เป็นต้น เช่น บริการเรียกซ้ำอัตโนมัติ (Automatic call) บริการรับสายเรียกซ้อน (call waiting) หรือบริการเลขหมายย่อ (abbreviated dialing) เป็นต้น โดยการใช้บริการพิเศษเหล่านี้จะติดต่อขอใช้บริการ โดยแจ้งความจำนงไปยังเจ้าหน้าที่พาณิชย์เขต สำหรับผู้ที่อยู่ในเขตนครหลวง และที่ชุมสายรับผิดชอบสำหรับผู้ที่อยู่ในเขตรับผิดชอบ
3. มีโอกาสผิดพลาดของรหัสน้อยกว่า เนื่องจากใช้ความถี่ถึง 2 ความถี่ต่อหนึ่งรหัส ตัวรับสัญญาณดูรายการความถี่ ต้องตรวจสอบทั้งสองความถี่ และส่งไปยังวงจรแปลงโค๊ต

LATENCY เวลาที่เครือข่ายใช้ในการนำส่งสัญญาณภาพ และเสียง transport media ที่ใช้เวลาน้อยที่สุด

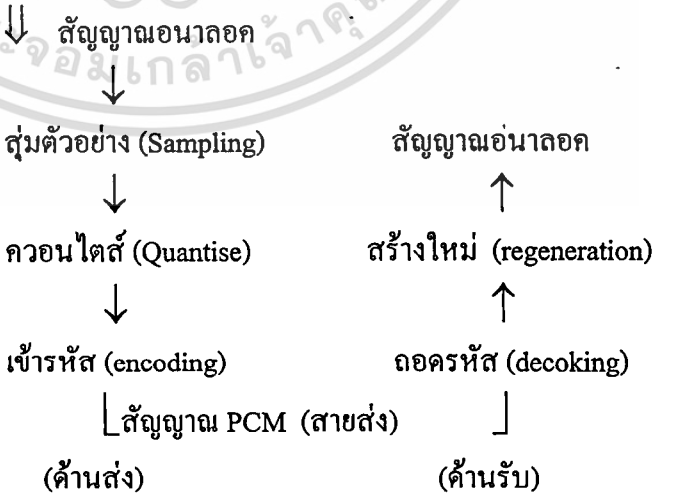
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

MUX : (multiplexer) A device for funneling several different streams of data over a common communications line. MUX are user either to attach many communications lines to a smaller number of communications ports or to attach a large number of communication ports or to attach a large number of communication ports to a smaller number of communication lines.

Modulation เป็นเทคนิคการจัดการสัญญาณข้อมูลเพื่อวัตถุประสงค์การใช้งานอย่างใดอย่างหนึ่ง เช่น เพื่อนำไปมัลติเพล็กซ์ต่อ หรือ เพื่อลดสัญญาณรบกวน เป็นต้น ถ้าข้อมูลเป็น analog จะมีวิธีมอดูเลท 3 ประเภท คือ การมอดูเลทเชิงขนาด (AM), เชิงความถี่ (FM) , และเชิงเฟส (PM) ถ้าข้อมูลเป็นดิจิตอลวิธีการพื้นฐานยังคงเป็น 3 ประเภท แบบสัญญาณอนาลอคแต่แตกต่างเล็กน้อย ซึ่งการมอดูเลทสัญญาณดิจิตอลยังมีอีกวิธีซึ่งแตกต่างจากวิธีการเหล่านี้อย่างชัดเจน คือ การใช้คลื่นพารูปสัญญาณสี่เหลี่ยมหรือพัลส์ (Pulse) เรียกว่า การมอดูเลทโดยใช้พัสซ์ (Pules Modulation) ซึ่งแบ่งวิธีการนี้เป็น 4 วิธี คือ

- วิธีมอดูเลทแบบพัลซ์เชิงขนาด (Pulse Amplitude Modulation : PAM)
- วิธีมอดูเลทแบบพัลซ์เชิงความกว้าง (Pulse Width Modulation : PWN)
- วิธีมอดูเลทแบบพัลซ์เชิงตำแหน่ง (Pulse Position Modulation : PPM)
- วิธีมอดูเลขแบบพัลซ์เชิงรหัส (Pulse code Modulation : PCM)

เป็นวิธีการมอดูเลทที่มีการใช้งานกันมากในด้านสื่อสาร ซึ่งมีวิธีขั้นตอนดังนี้



เมื่อทำการสุ่มตัวอย่าง ค่าที่จัดออกมาได้ เรียกว่า คำสุ่มตัวอย่าง (sample)

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

สัญญาณที่ถูกสุ่มตัวอย่างนี้ เรียกว่า PAM ของสัญญาณ analog ซึ่งเมื่อได้สัญญาณ PAM แล้ว คำ amsetode ของสัญญาณจะถูกจัดระดับ คือ ทำ quantization ซึ่งจะต้องทำการเข้ารหัส เพื่อให้เหมาะในการส่งไปตามสาย ดังนั้น การส่งแบบ PCM คือการนำสัญญาณ PAM มาเข้ารหัสแบบดิจิตอล แล้วจึงส่ง E ซึ่งในสายส่งบัลส์ที่มีลักษณะเป็นค่าของพีซีเอ็ม (PCM Ward) จะมีความเพี้ยนเกิดขึ้นที่ละน้อย แต่ Pulse ที่เกิดขึ้นจะถูกนำมาส่งใหม่ ทำให้ข้อมูลข่าวสารสามารถส่งไปในระยะทางไกลได้โดยไม่เพี้ยน ซึ่งเป็นข้อดีของการส่งผ่านข้อมูลแบบดิจิตอล

ทางด้านถอดรหัสสัญญาณอนาลอกที่ถูกถอดรหัส จะแตกต่างกับสัญญาณอนาลอกที่ป้อนเข้ามาเพียงเล็กน้อย ค่าแตกต่างนี้ คือ ค่าความเพี้ยนจากการควอนไตส์ (quantiaing distortion) ในการบวนการมอดูเลทแบบ PCM จะอาศัย IC ซึ่งในปัจจุบันมี IC ที่ถูกผลิตขึ้นสำหรับใช้งานใน PCM เฉพาะเป็นชีพ LSI ชนิด CMOS.

multiplexing การดำเนินการใช้ช่องทางสื่อสารร่วมกันของสัญญาณตั้งแต่ 2 สัญญาณ และยังสามารถสัญญาณแต่ละตัวที่ด้านรับได้ แบ่งเป็น 2 วิธี

1. Frequency - Division Multipeeting หรือ FDM
2. Time - Division Multipeeting หรือ TDM เป็นการแปรสัญญาณไปบนสายส่งเดียวกัน โดยอาศัยการแบ่งเวลาช่วงสั้นๆ เพื่อให้สัญญาณทั้งหมดถูกส่งไปในทางติดต่อ เดียวกันในรูปแบบของเฟรม ในส่วนรับต้องมีการตัดต่อแยกลำดับแยกลำดับสัญญาณให้ถูกต้อง ซึ่งต้องกำหนดช่วงเวลาให้แน่นอน ซึ่งเรียกการทำให้ช่วงเวลามีความสัมพันธ์กันนี้ว่า การชิงโครนัส หรือเรียกสั้นๆ ว่า การซิ้ง (Sqchronos, Sqnc) โดยวิธีการนี้สัญญาณแต่ละตัวอาจมีการสูญเสียเกิดขึ้นได้ ถ้าการติดต่อกำลังต่อกับสัญญาณคนละตัว ซึ่งเกิดจากการซิ้งค์ที่ผิดพลาด

QoS Quality of Service ในระบบ ATM ถูกกำหนดโดย ATM Forum ว่ามี 5 ระดับคือ

- Class 1 ควรเท่ากับ มาตรฐานการเชื่อมต่อระบบดิจิตอล
- Class 2 ระบุระดับบริการที่จำเป็นสำหรับ การแบกเก็ตเสียง และวีดีโอ
- Class 3 ระบุ requtrement สำหรับ ความสามารถในการทำงานร่วมกันไว้ กับโปรโตคอล การเชื่อมต่อกัน

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

- Class 4 ระบุ requtrement สำหรับความสามารถในการทำงานร่วมกันได้ กับโปรโตคอล เช่น IP IPX และ SMDS

SDH - STM - 1 SDH เป็นเทคโนโลยีซึ่งสามารถให้บริการส่งข้อมูลด้วยความเร็วสูง ใช้หลักการพื้นฐานของการมัลติเพล็กซ์ และ การซิ้งค์ไครไนซ์ โดยความเร็วต่ำสุดจะอยู่ที่ 155 Mbps. ด้วยการจัดข้อมูลแต่ละชุดที่เรียกว่า คอนเทนเนอร์ มีความยามทั้งสิ้น 270 ออคเตท (100 ออคเตทเท่ากับ 8 บิท) สัญญาณเหล่านี้จะถูกส่งไปเป็นขบวนอย่างต่อเนื่อง โดยจะมีสัญญาณซิงค์ ประจำในแต่ละเฟรม

PBX : Private Branch Exchange

An telephone switching system that enables users within an organization to place calls to each other without going through the public telephone network. Users can also place calls to outside numbers.

(จะมี 3 ประเภท คือ PMBX, PABX และ Centrex ซึ่งแตกต่างกันที่ระบบการสับสายว่า เป็น บุคคล หรือเครื่องอย่างอัตโนมัติ) โดยทั่วไปจะถูกกำหนดให้ทำหน้าที่ ดังนี้

1. เชื่อมโยงระบบโทรศัพท์ภายใน
2. เชื่อมโยงระบบโทรศัพท์ภายในให้สามารถติดต่อกับระบบโทรศัพท์ภายนอกได้
3. ประยุกต์ใช้เพื่อการประชุมทางสายได้
4. เป็นเครื่องมือให้ผู้บริหารโครงข่ายกำหนดระดับชั้น หรือสิทธิในการใช้โทรศัพท์ของผู้ใช้ในเครือข่ายได้

STM Synchronous Transfer Mode is the B-ISDN communications method that transmits a group of different data streams synchronized to a single reference clock. Alldata receives the same amount of bandwidth.

STM is the standard method carriers use to assign time slot or channels within a T1/E1 leased line

STM-n Synchronous Transfer Module is a basic unit of SDH (Synchronous Digital Hierarrchy), defined in increments of 155.52 Mbps , with n represent multiples of that rate. The most common use f n are 1 ,2 and 4

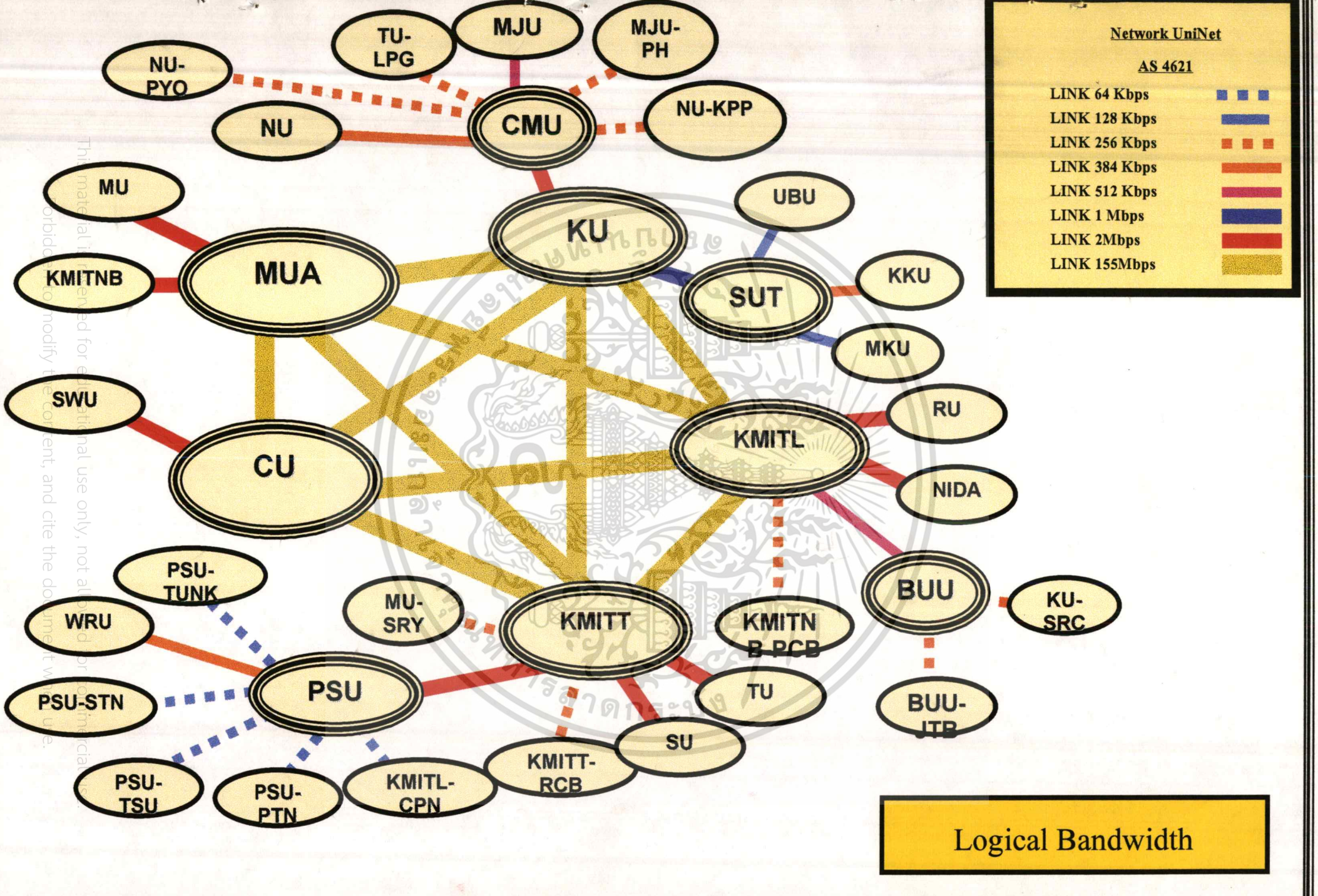
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

T1/E1 ค่ามาตรฐานของการส่งสัญญาณ PCM (digital transmission) บนวงจรชนิดความกว้างแถบสูงที่มีใช้ในอเมริกาเหนือ และยุโรป ดังนี้

ระดับ	ค่ากำหนดในอเมริกาเหนือ) -T	ค่ากำหนดในยุโรป(Mbps)-E
1	1.544 (Mbps)	2.048 (Mbps)
2	6.312 (Mbps)	8.442 (Mbps)
3	44.736 (Mbps)	34.368 (Mbps)
4	274.176 (Mbps)	139.264 (Mbps)
5	565.148 (Mbps)	565.148 (Mbps)
6	1.7 (Gbps)	1.2 (Gbps)

ในอเมริกาเหนือวงจรที่ใช้มัลติเพล็กซ์เรียกชื่อรวมว่า วงจรคลื่นพาหะที (T Carrier)

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



This material is reserved for educational use only, not all or part of commercial. Prohibited to modify the content, and cite the document when use.

ภาคผนวก 5' traffic analysis

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

Traffic Analysis for Serial0

System: cmu_cs2501.uni.net.th in

Maintainer:

Interface: Serial0 (2)

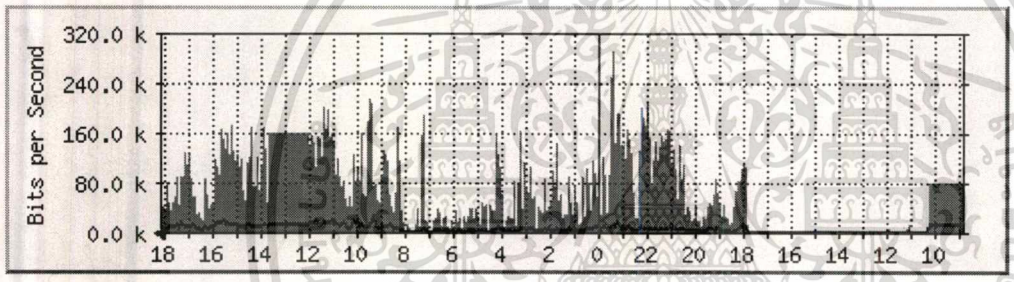
IP: ()

Max Speed: 2048.0 kBites/s (frame-relay)

The statistics were last updated **Thursday, 4 March 1999 at 18:10** ,

at which time **'cmu_cs2501.uni.net.th'** had been up for **55 days, 3:00:55**.

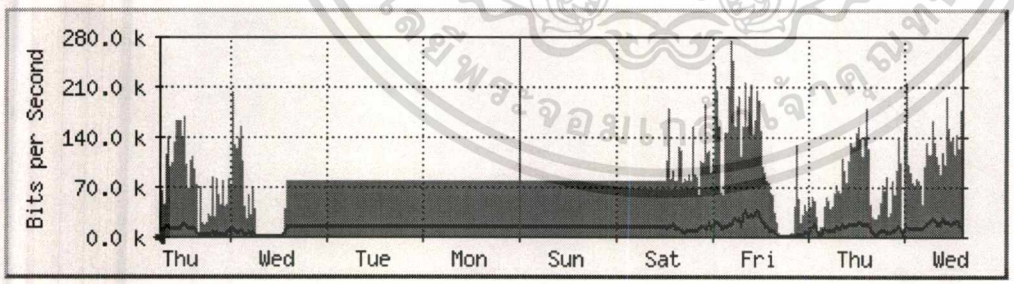
`Daily' Graph (5 Minute Average)



Max In:291.8 kb/s (14.2%) Average In: 66.4 kb/s (3.2%) Current In: 47.7 kb/s (2.3%)

Max Out: 26.4 kb/s (1.3%) Average Out:7160.0 b/s (0.3%) Current Out:6048.0 b/s (0.3%)

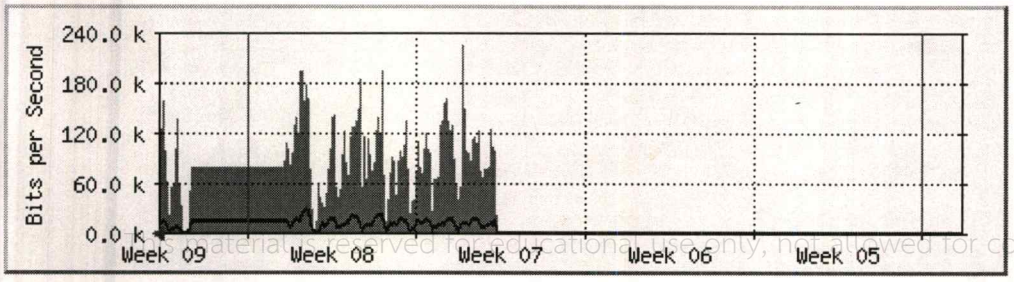
`Weekly' Graph (30 Minute Average)



Max In:274.6 kb/s (13.4%) Average In:84.9 kb/s (4.1%) Current In:93.3 kb/s (4.6%)

Max Out: 38.0 kb/s (1.9%) Average Out:13.3 kb/s (0.6%) Current Out:13.6 kb/s (0.7%)

`Monthly' Graph (2 Hour Average)

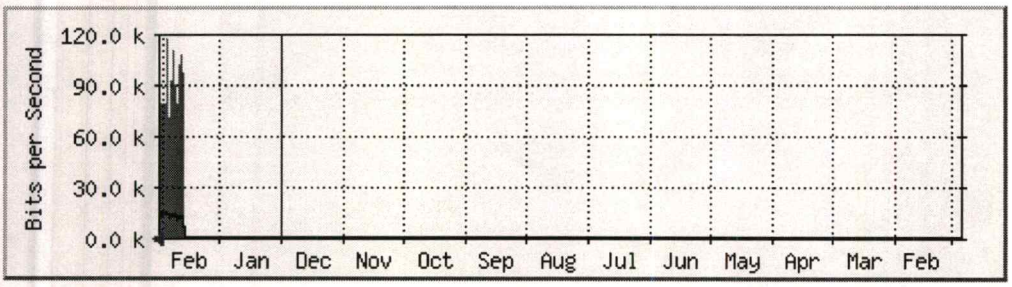


All material reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

Max In:226.7 kb/s (11.1%) Average In:89.3 kb/s (4.4%) Current In:92.2 kb/s (4.5%)

Max Out: 30.5 kb/s (1.5%) Average Out:12.8 kb/s (0.6%) Current Out:12.3 kb/s (0.6%)

`Yearly' Graph (1 Day Average)



Max In:118.4 kb/s (5.8%) Average In:83.8 kb/s (4.1%) Current In:57.9 kb/s (2.8%)

Max Out: 14.9 kb/s (0.7%) Average Out:12.3 kb/s (0.6%) Current Out:10.6 kb/s (0.5%)

GREEN ### Incoming Traffic in Bits per Second

BLUE ### Outgoing Traffic in Bits per Second

MRTG MULTI ROUTER TRAFFIC GRAPHER

2.5.4-
1998/10/13

Tobias Oetiker <oetiker@ee.ethz.ch>
and Dave Rand <dlr@bungi.com>

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

Traffic Analysis for Serial0.1

System: cmu_cs2501.uni.net.th in

KU - CMU

Maintainer:

Interface: Serial0.1 (4)

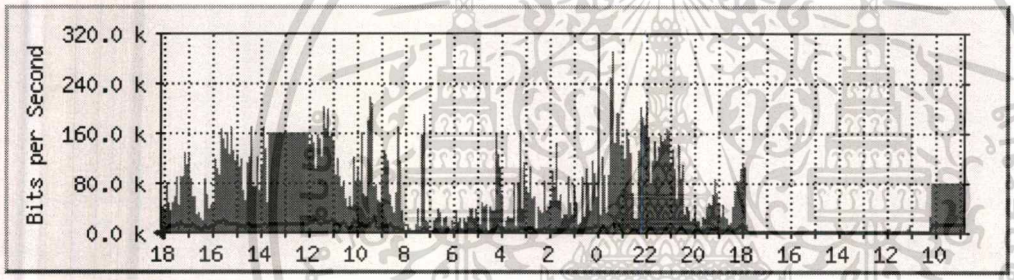
IP: No hostname defined for IP address (202.28.18.194)

Max Speed: 2048.0 kBites/s (frame-relay)

The statistics were last updated **Thursday, 4 March 1999 at 18:10** ,

at which time **'cmu_cs2501.uni.net.th'** had been up for **55 days, 3:00:55**.

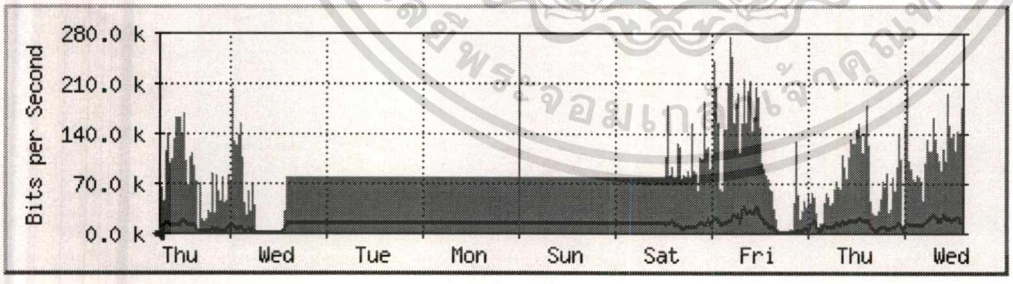
`Daily' Graph (5 Minute Average)



Max In:291.4 kb/s (14.2%) Average In: 66.3 kb/s (3.2%) Current In: 47.6 kb/s (2.3%)

Max Out: 26.4 kb/s (1.3%) Average Out:7128.0 b/s (0.3%) Current Out:6032.0 b/s (0.3%)

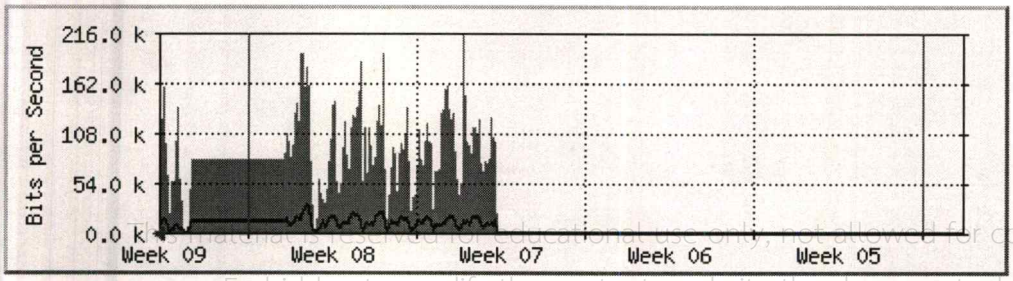
`Weekly' Graph (30 Minute Average)



Max In:274.6 kb/s (13.4%) Average In:85.2 kb/s (4.2%) Current In:93.2 kb/s (4.6%)

Max Out: 38.0 kb/s (1.9%) Average Out:13.3 kb/s (0.6%) Current Out:13.6 kb/s (0.7%)

`Monthly' Graph (2 Hour Average)

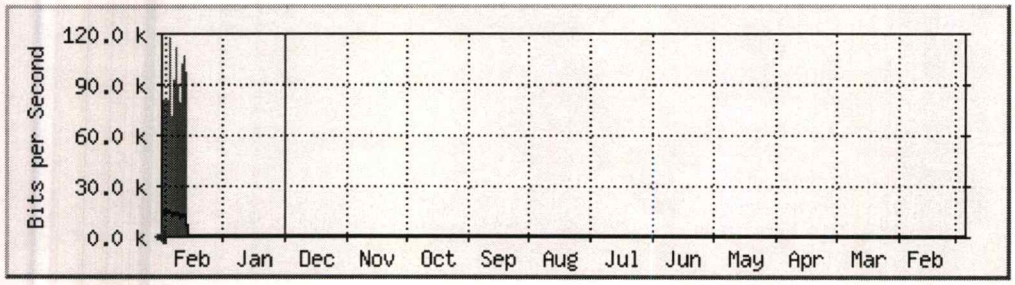


Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

Max In:215.6 kb/s (10.5%) Average In:89.4 kb/s (4.4%) Current In:92.2 kb/s (4.5%)

Max Out: 30.5 kb/s (1.5%) Average Out:12.8 kb/s (0.6%) Current Out:12.3 kb/s (0.6%)

`Yearly' Graph (1 Day Average)



Max In:118.5 kb/s (5.8%) Average In:84.0 kb/s (4.1%) Current In:58.1 kb/s (2.8%)

Max Out: 14.9 kb/s (0.7%) Average Out:12.3 kb/s (0.6%) Current Out:10.6 kb/s (0.5%)

GREEN ### Incoming Traffic in Bits per Second

BLUE ### Outgoing Traffic in Bits per Second

MRTG MULTI ROUTER TRAFFIC GRAPHER

2.5.4-
1998/10/13

Tobias Oetiker <oetiker@ee.ethz.ch>
and Dave Rand <dlr@bungi.com>

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

Traffic Analysis for Serial1.1

System: cmu_cs2501.uni.net.th in

Maintainer:

Interface: Serial1.1 (5)

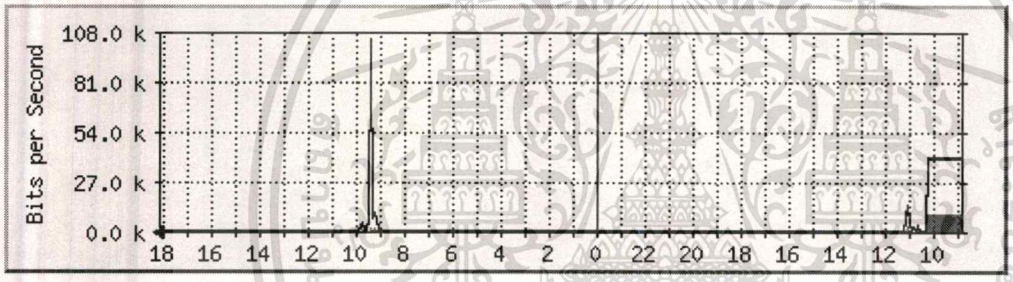
IP: No hostname defined for IP address (202.28.18.201)

Max Speed: 2048.0 kBites/s (frame-relay)

The statistics were last updated **Thursday, 4 March 1999 at 18:10** ,

at which time **'cmu_cs2501.uni.net.th'** had been up for **55 days, 3:00:54.**

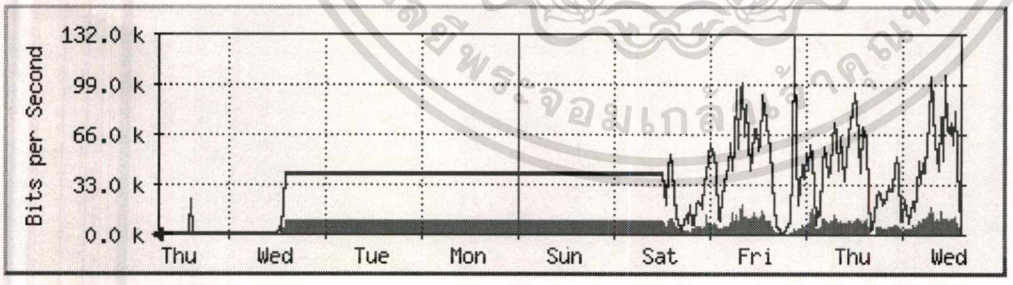
`Daily' Graph (5 Minute Average)



Max In:9936.0 b/s (0.5%) Average In: 776.0 b/s (0.0%) Current In:320.0 b/s (0.0%)

Max Out:104.3 kb/s (5.1%) Average Out:2424.0 b/s (0.1%) Current Out:248.0 b/s (0.0%)

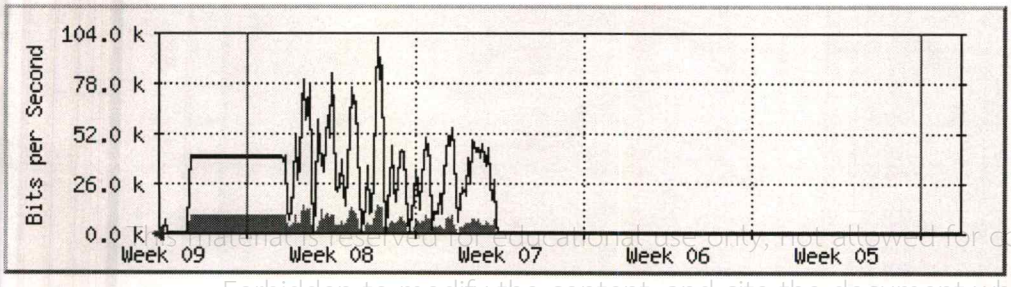
`Weekly' Graph (30 Minute Average)



Max In: 20.3 kb/s (1.0%) Average In:7752.0 b/s (0.4%) Current In:312.0 b/s (0.0%)

Max Out:131.2 kb/s (6.4%) Average Out: 34.9 kb/s (1.7%) Current Out:256.0 b/s (0.0%)

`Monthly' Graph (2 Hour Average)

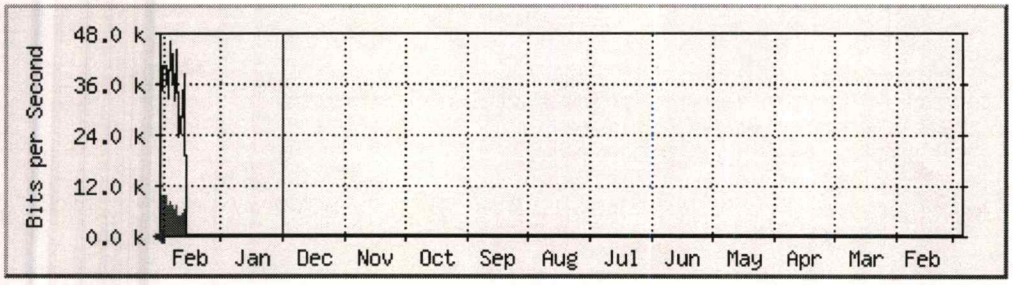


Materials received for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

Max In: 15.3 kb/s (0.7%) Average In:6904.0 b/s (0.3%) Current In:328.0 b/s (0.0%)

Max Out:101.2 kb/s (4.9%) Average Out: 33.0 kb/s (1.6%) Current Out:272.0 b/s (0.0%)

`Yearly' Graph (1 Day Average)



Max In:9936.0 b/s (0.5%) Average In:6920.0 b/s (0.3%) Current In:7248.0 b/s (0.4%)

Max Out: 45.8 kb/s (2.2%) Average Out: 33.1 kb/s (1.6%) Current Out: 29.1 kb/s (1.4%)

GREEN ### Incoming Traffic in Bits per Second

BLUE ### Outgoing Traffic in Bits per Second

MRTG MULTI ROUTER TRAFFIC GRAPHER

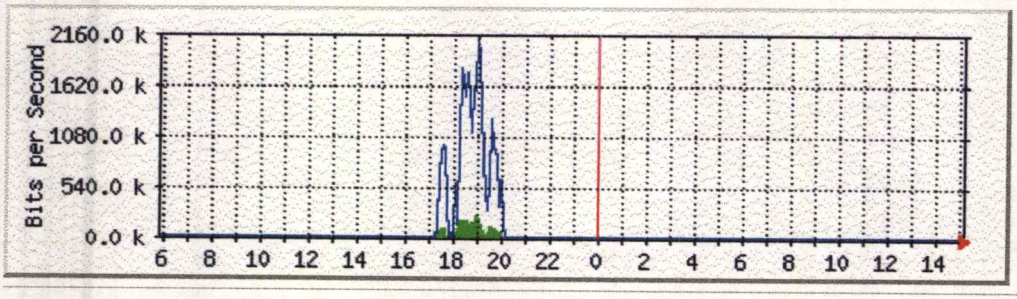
2.5.4-
1998/10/13

Tobias Oetiker <oetiker@ee.ethz.ch>
and Dave Rand <dlr@bungi.com>

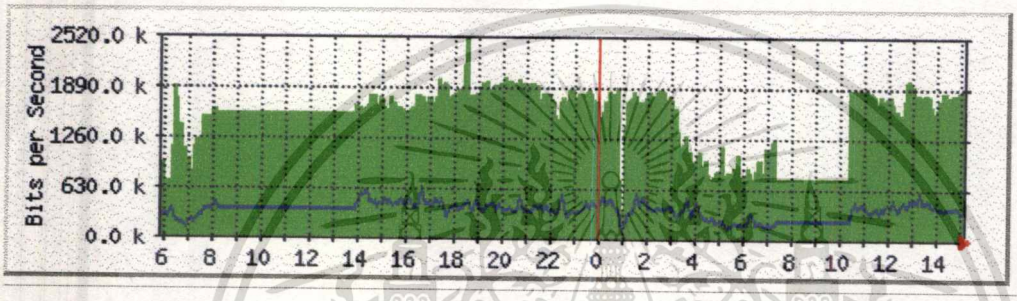
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

Realtime 7513-adm Traffic

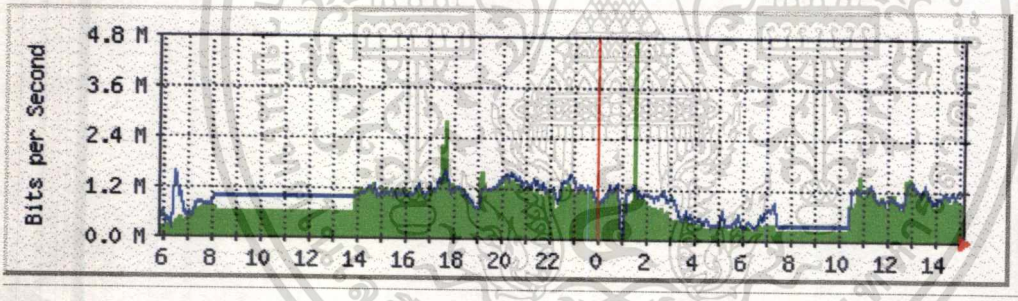
Link to AGS+ Router (10 Mbps):



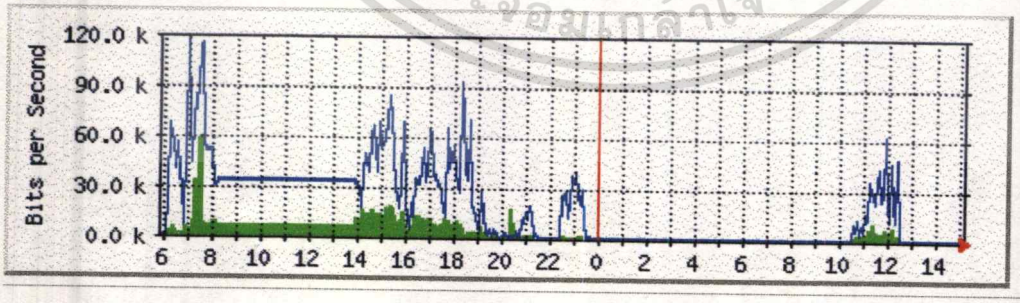
Link to Uninet (100 Mbps):



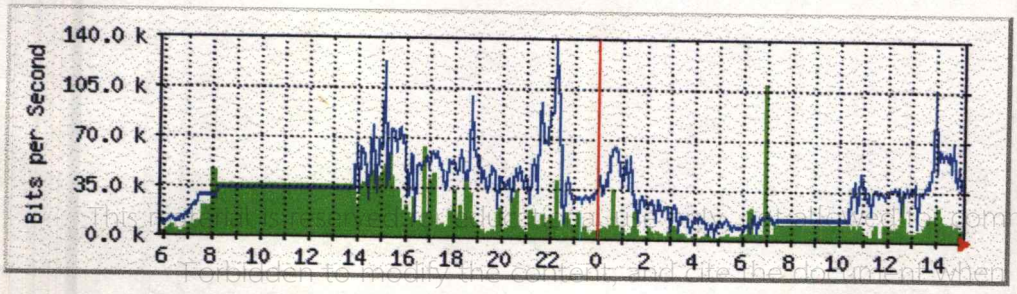
Link to CU Cache Engine (100 Mbps):



Link to Faculty of Education (100 Mbps FDX):



Link to Center of Academic Resources (100 Mbps FDX):



This document is provided for non-commercial use.
Permission is granted for personal and other non-commercial use.

Traffic Analysis for FastEthernet8/0

ชื่อย chula - ummet

System: 7513-adm.netserv.chula.ac.th in

Maintainer:

Interface: FastEthernet8/0 (11)

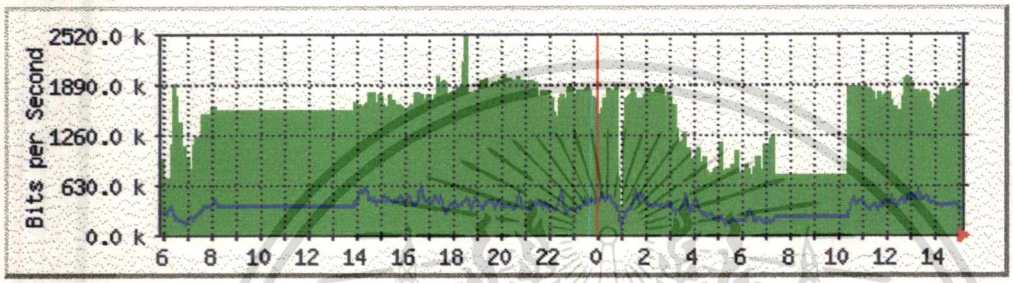
IP: No hostname defined for IP address (202.28.0.254)

Max Speed: 12.5 MBytes/s (ethernetCsmacd)

The statistics were last updated **Saturday, 20 March 1999 at 15:10** ,

at which time **'7513-adm.netserv.chula.ac.th'** had been up for **228 days, 6:58:23.**

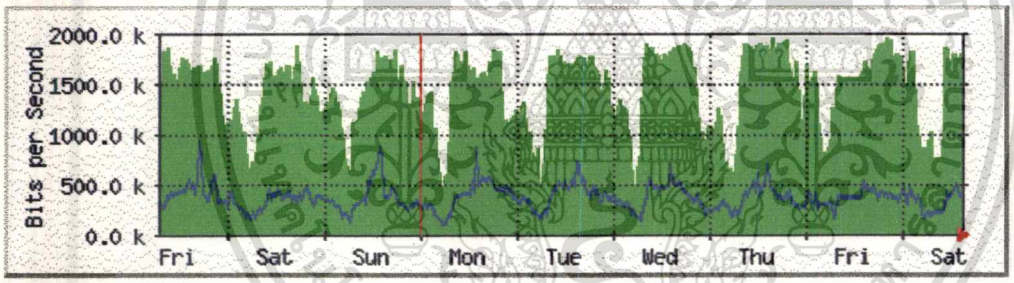
`Daily' Graph (5 Minute Average)



Max In:2514.8 kb/s (2.5%) Average In:1501.9 kb/s (1.5%) Current In:1872.8 kb/s (1.9%)

Max Out: 631.4 kb/s (0.6%) Average Out: 357.5 kb/s (0.4%) Current Out: 352.3 kb/s (0.4%)

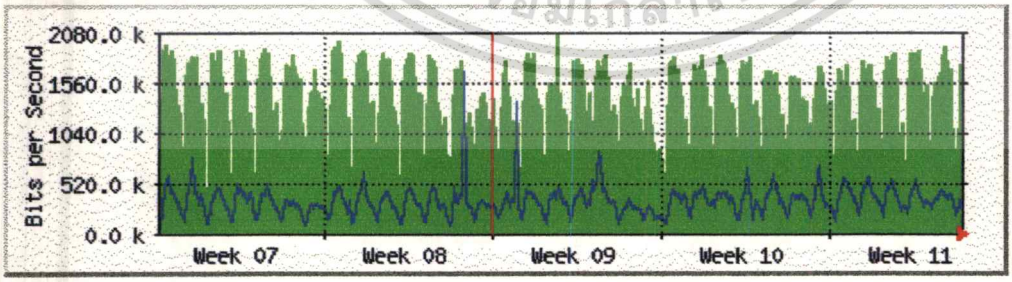
`Weekly' Graph (30 Minute Average)



Max In:1970.8 kb/s (2.0%) Average In:1439.7 kb/s (1.4%) Current In:1806.1 kb/s (1.8%)

Max Out: 934.9 kb/s (0.9%) Average Out: 371.0 kb/s (0.4%) Current Out: 387.0 kb/s (0.4%)

`Monthly' Graph (2 Hour Average)



Max In:2069.3 kb/s (2.1%) Average In:1408.2 kb/s (1.4%) Current In:1764.2 kb/s (1.8%)

Max Out:1680.9 kb/s (1.7%) Average Out: 338.9 kb/s (0.3%) Current Out: 404.6 kb/s (0.4%)

`Yearly' Graph (1 Day Average)

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

Traffic Analysis for Serial1.1

System: PSU-UNINET in

Maintainer:

Interface: Serial1.1 (4)

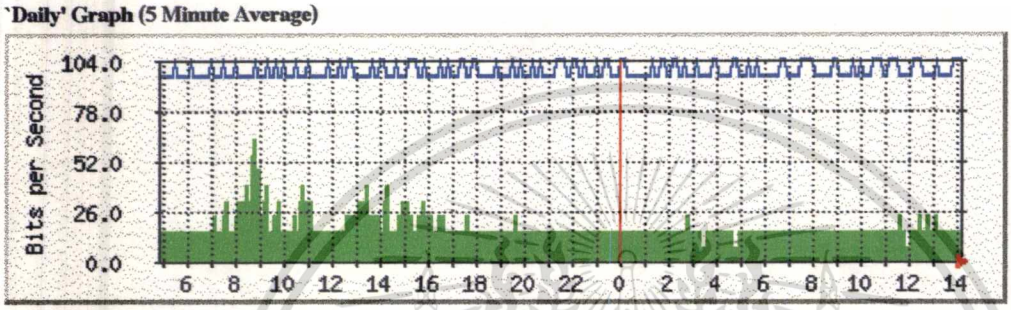
IP: (202.28.18.162)

Max Speed: 64.0 kBytes/s (frame-relay)

The statistics were last updated **Saturday, 20 March 1999 at 14:11 ,**

at which time **'scorpio.psu.ac.th'** had been up for **13 days, 20:30:54.**

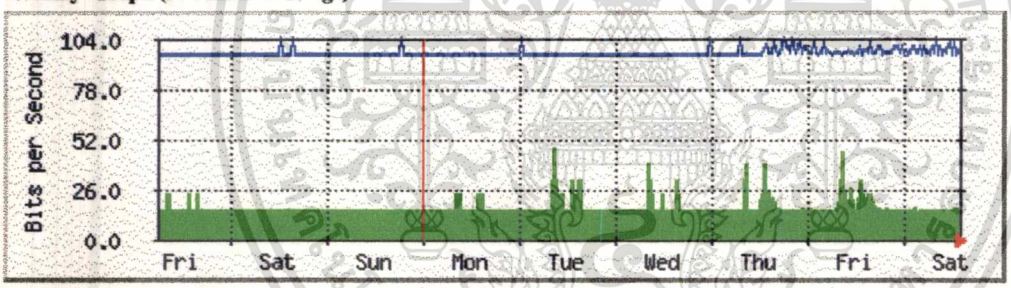
`Daily' Graph (5 Minute Average)



Max In: 64.0 b/s (0.0%) Average In: 16.0 b/s (0.0%) Current In: 16.0 b/s (0.0%)

Max Out: 104.0 b/s (0.0%) Average Out: 96.0 b/s (0.0%) Current Out: 104.0 b/s (0.0%)

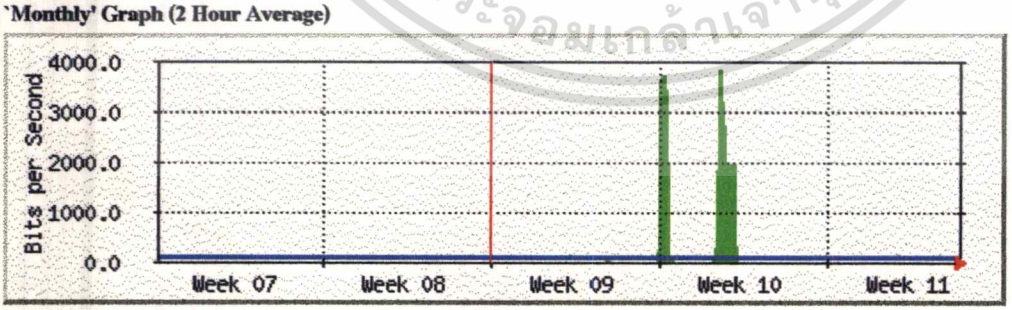
`Weekly' Graph (30 Minute Average)



Max In: 48.0 b/s (0.0%) Average In: 16.0 b/s (0.0%) Current In: 16.0 b/s (0.0%)

Max Out: 104.0 b/s (0.0%) Average Out: 96.0 b/s (0.0%) Current Out: 96.0 b/s (0.0%)

`Monthly' Graph (2 Hour Average)



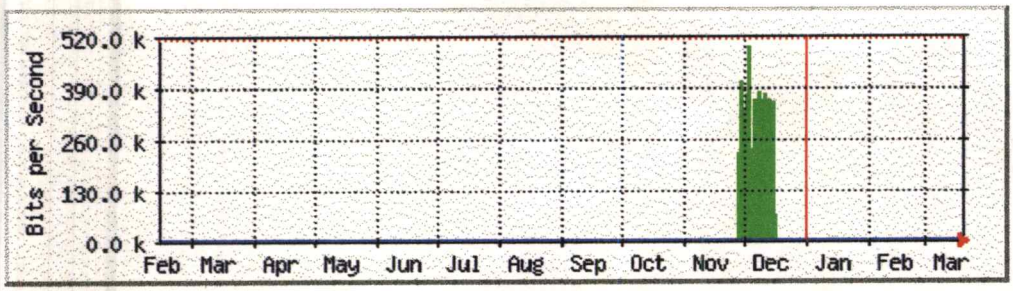
Max In: 3864.0 b/s (0.8%) Average In: 112.0 b/s (0.0%) Current In: 16.0 b/s (0.0%)

Max Out: 96.0 b/s (0.0%) Average Out: 96.0 b/s (0.0%) Current Out: 96.0 b/s (0.0%)

`Yearly' Graph (1 Day Average)

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



Max In:495.5 kb/s (96.8%) Average In:51.8 kb/s (10.1%) Current In:16.0 b/s (0.0%)
Max Out: 96.0 b/s (0.0%) Average Out: 88.0 b/s (0.0%) Current Out:96.0 b/s (0.0%)

GREEN ### Incoming Traffic in Bits per Second

BLUE ### Outgoing Traffic in Bits per Second

MRTG MULTI ROUTER TRAFFIC GRAPHER
2.5.2-1998/02/20

Tobias Oetiker <oetiker@ee.ethz.ch> and Dave Rand <dlr@bungi.com>

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

Traffic Analysis for Serial7

System: taurus.psu.ac.th in

Maintainer: Computer Center, PSU, THAILAND

Interface: Serial7 (10)

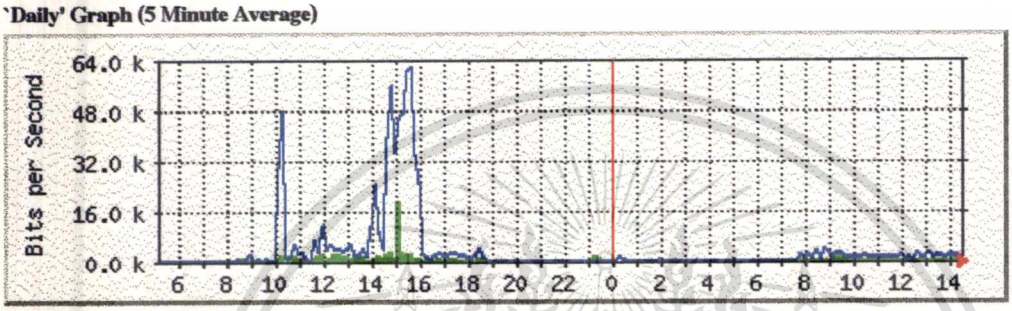
IP: psu-pattani.psu.ac.th (203.150.168.133)

Max Speed: 64 Kbps (PointToPoint)

The statistics were last updated **Saturday, 20 March 1999 at 14:30 ,**

at which time **'taurus.psu.ac.th'** had been up for **1 days, 3:29:14.**

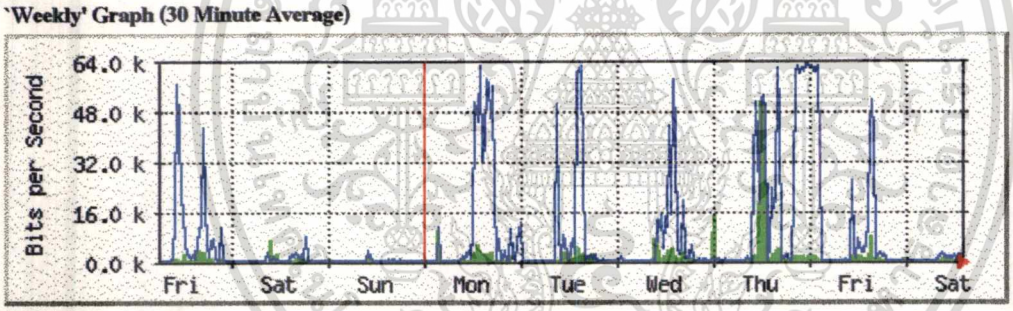
`Daily' Graph (5 Minute Average)



Max In:19.6 kb/s (30.6%) Average In: 904.0 b/s (1.4%) Current In:1104.0 b/s (1.7%)

Max Out:62.0 kb/s (96.8%) Average Out:3824.0 b/s (6.0%) Current Out:1768.0 b/s (2.8%)

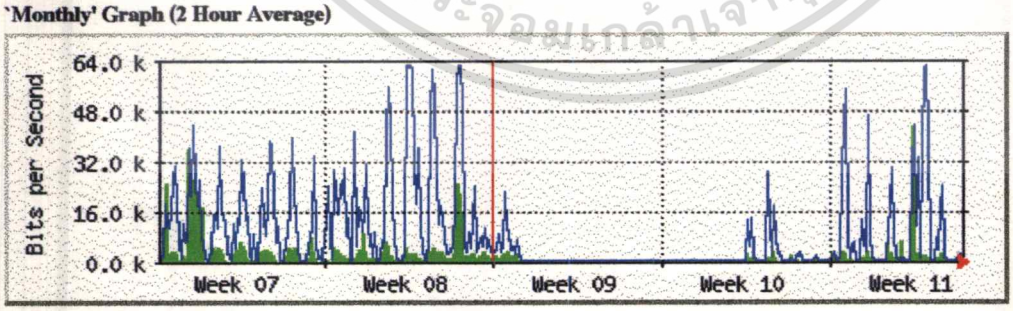
`Weekly' Graph (30 Minute Average)



Max In:52.7 kb/s (82.3%) Average In: 1464.0 b/s (2.3%) Current In:1056.0 b/s (1.7%)

Max Out:63.2 kb/s (98.7%) Average Out:7800.0 b/s (12.2%) Current Out:2040.0 b/s (3.2%)

`Monthly' Graph (2 Hour Average)



Max In:42.9 kb/s (67.0%) Average In: 2048.0 b/s (3.2%) Current In: 976.0 b/s (1.5%)

Max Out:62.7 kb/s (97.9%) Average Out:8912.0 b/s (13.9%) Current Out:1696.0 b/s (2.7%)

`Yearly' Graph (1 Day Average)

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

Traffic Analysis for Serial1.4

System: PSU-Trang in

Maintainer:

Interface: Serial1.4 (7)

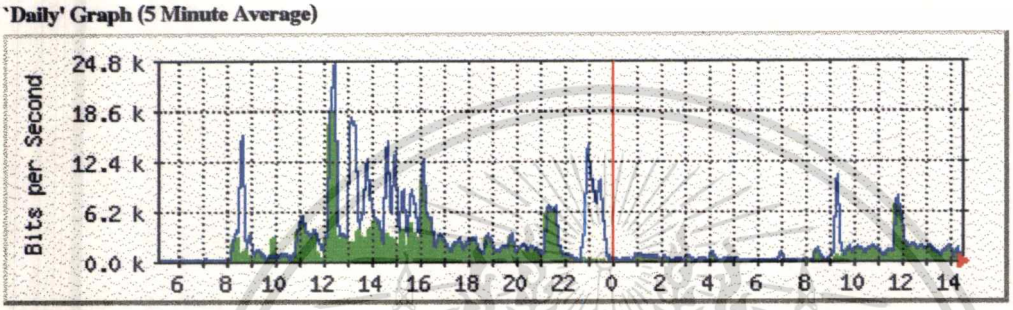
IP: HatYai-Trang.psu.ac.th (203.154.128.141)

Max Speed: 8000.0 Bytes/s (frame-relay)

The statistics were last updated **Saturday, 20 March 1999 at 14:31** ,

at which time **'scorpio.psu.ac.th'** had been up for **13 days, 20:50:54**.

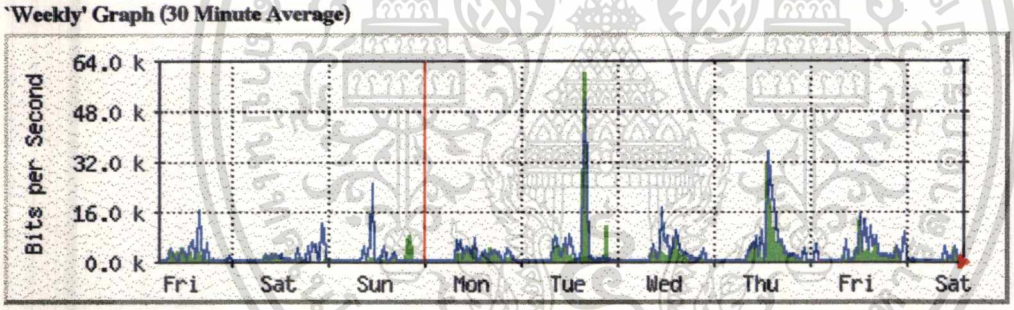
`Daily' Graph (5 Minute Average)



Max In:18.7 kb/s (29.2%) Average In:1624.0 b/s (2.5%) Current In:168.0 b/s (0.3%)

Max Out:24.4 kb/s (38.2%) Average Out:2544.0 b/s (4.0%) Current Out:248.0 b/s (0.4%)

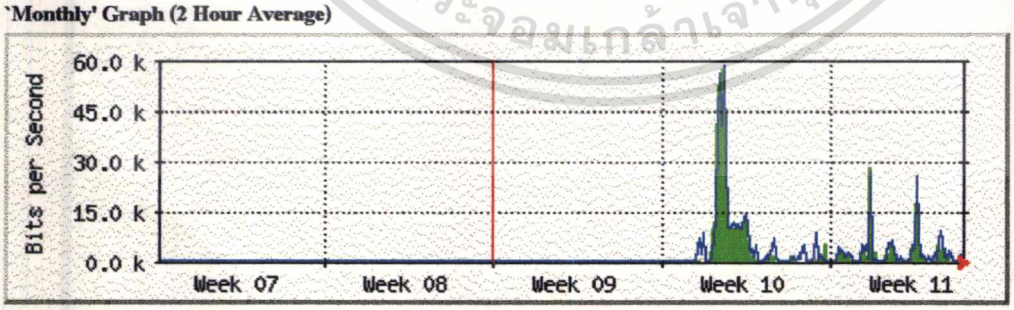
`Weekly' Graph (30 Minute Average)



Max In:60.5 kb/s (94.5%) Average In:1744.0 b/s (2.7%) Current In:1296.0 b/s (2.0%)

Max Out:51.4 kb/s (80.4%) Average Out:2464.0 b/s (3.9%) Current Out:1368.0 b/s (2.1%)

`Monthly' Graph (2 Hour Average)



Max In:57.6 kb/s (90.0%) Average In:4104.0 b/s (6.4%) Current In:2344.0 b/s (3.7%)

Max Out:58.8 kb/s (91.8%) Average Out:4960.0 b/s (7.8%) Current Out:2440.0 b/s (3.8%)

`Yearly' Graph (1 Day Average)

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

Traffic Analysis for Serial1.6

System: PSU-Taksin in

Maintainer:

Interface: Serial1.6 (9)

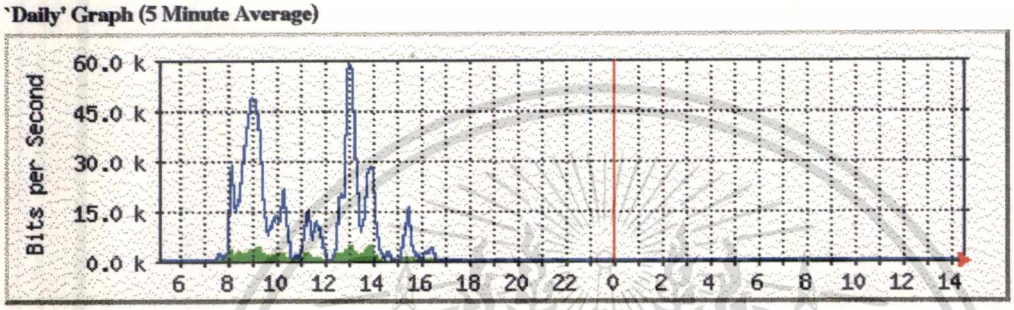
IP: (202.28.18.185)

Max Speed: 8000.0 Bytes/s (frame-relay)

The statistics were last updated **Saturday, 20 March 1999 at 14:31** ,

at which time **'scorpio.psu.ac.th'** had been up for **13 days, 20:50:56**.

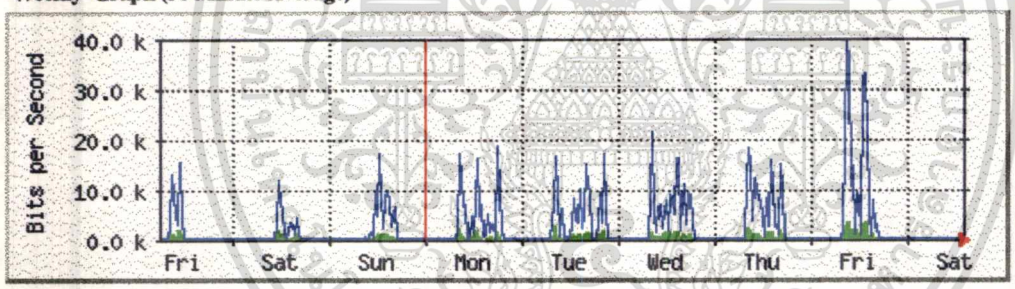
`Daily' Graph (5 Minute Average)



Max In:4928.0 b/s (7.7%) Average In:1512.0 b/s (2.4%) Current In:0.0 b/s (0.0%)

Max Out:60.0 kb/s (93.7%) Average Out:11.0 kb/s (17.2%) Current Out:0.0 b/s (0.0%)

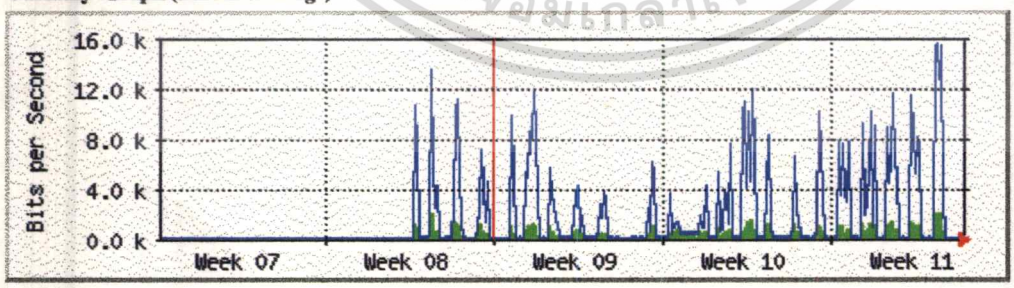
`Weekly' Graph (30 Minute Average)



Max In:3960.0 b/s (6.2%) Average In: 560.0 b/s (0.9%) Current In:0.0 b/s (0.0%)

Max Out:39.2 kb/s (61.3%) Average Out:3072.0 b/s (4.8%) Current Out:0.0 b/s (0.0%)

`Monthly' Graph (2 Hour Average)



Max In:2200.0 b/s (3.4%) Average In: 472.0 b/s (0.7%) Current In:0.0 b/s (0.0%)

Max Out:15.5 kb/s (24.3%) Average Out:2304.0 b/s (3.6%) Current Out:0.0 b/s (0.0%)

`Yearly' Graph (1 Day Average)

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

Traffic Analysis for Serial2

System: taurus.psu.ac.th in

Maintainer: Computer Center, PSU, THAILAND

Interface: Serial2 (5)

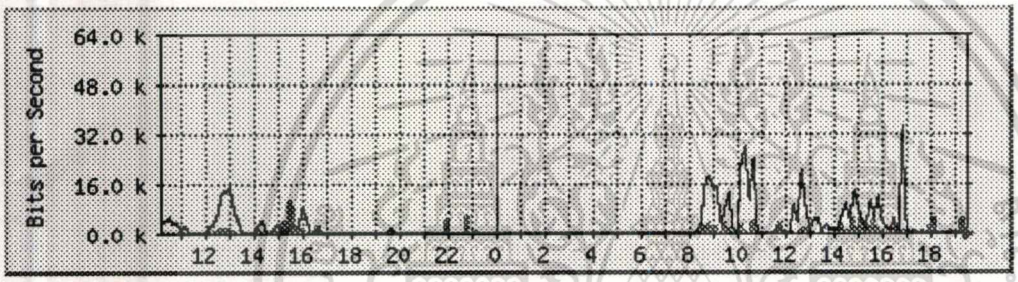
IP: psu-maha.psu.ac.th (203.150.168.241)

Max Speed: 64 Kbps (PointToPoint)

The statistics were last updated **Friday, 12 March 1999 at 19:30** ,

at which time **'taurus.psu.ac.th'** had been up for **0 days, 10:22:45.**

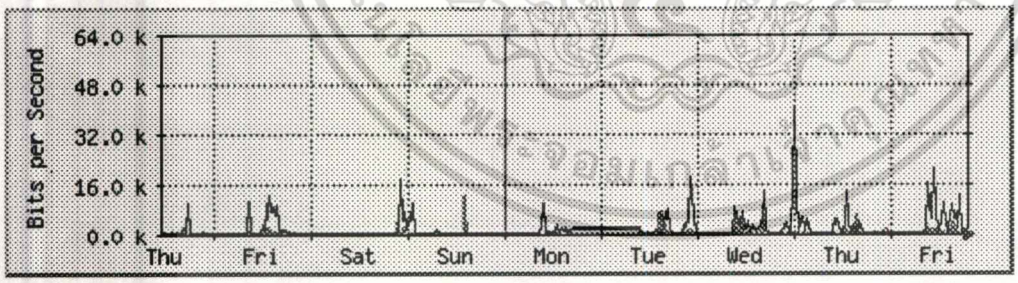
`Daily' Graph (5 Minute Average)



Max In: 11.2 kb/s (17.5%) Average In: 1048.0 b/s (1.6%) Current In: 1072.0 b/s (1.7%)

Max Out: 34.0 kb/s (53.2%) Average Out: 2616.0 b/s (4.1%) Current Out: 264.0 b/s (0.4%)

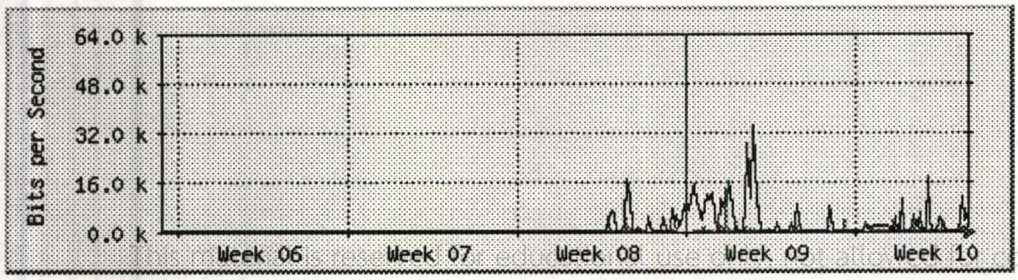
`Weekly' Graph (30 Minute Average)



Max In: 12.9 kb/s (20.2%) Average In: 664.0 b/s (1.0%) Current In: 560.0 b/s (0.9%)

Max Out: 40.5 kb/s (63.3%) Average Out: 1888.0 b/s (3.0%) Current Out: 280.0 b/s (0.4%)

`Monthly' Graph (2 Hour Average)

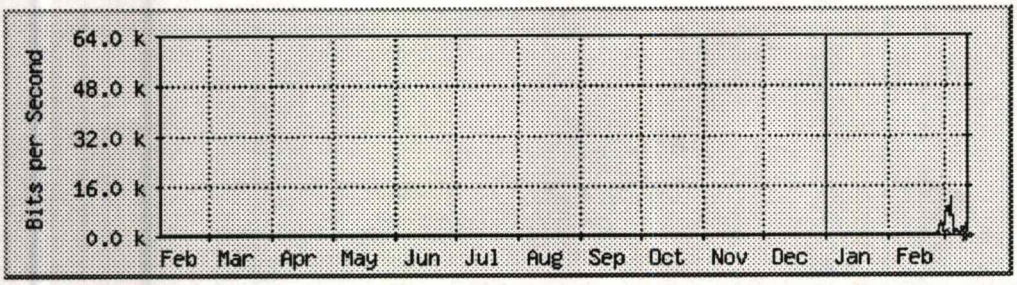


ommercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

Max In: 14.7 kb/s (23.0%) Average In: 784.0 b/s (1.2%) Current In: 2576.0 b/s (4.0%)

Max Out: 34.1 kb/s (53.3%) Average Out: 3728.0 b/s (5.8%) Current Out: 6864.0 b/s (10.7%)

'Yearly' Graph (1 Day Average)



Max In: 2432.0 b/s (3.8%) Average In: 744.0 b/s (1.2%) Current In: 696.0 b/s (1.1%)

Max Out: 11.7 kb/s (18.2%) Average Out: 3576.0 b/s (5.6%) Current Out: 1136.0 b/s (1.8%)

GREEN ### Incoming Traffic in Bits per Second

BLUE ### Outgoing Traffic in Bits per Second

MRTG MULTI ROUTER TRAFFIC GRAPHER

2.5.2-1998/02/20

Tobias Oetiker <oetiker@ee.ethz.ch>
and Dave Rand <dlr@bungi.com>

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

Traffic Analysis for Serial3

System: taurus.psu.ac.th in

Maintainer: Computer Center, PSU, THAILAND

Interface: Serial3 (6)

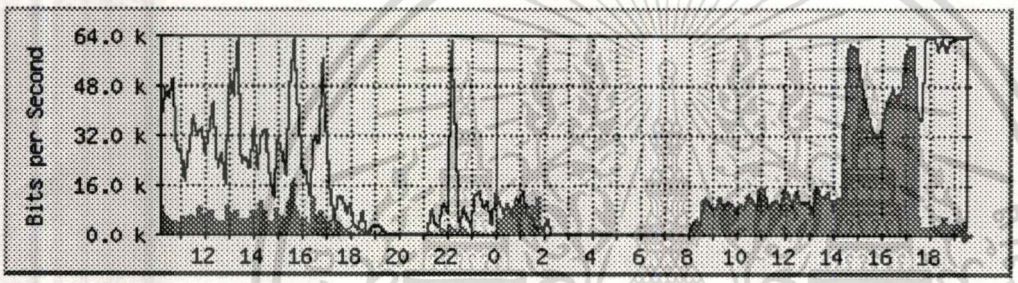
IP: psu-riska.psu.ac.th (203.150.168.245)

Max Speed: 64 Kbps (PointToPoint)

The statistics were last updated **Friday, 12 March 1999 at 19:40 ,**

at which time **'taurus.psu.ac.th'** had been up for **0 days, 10:32:44.**

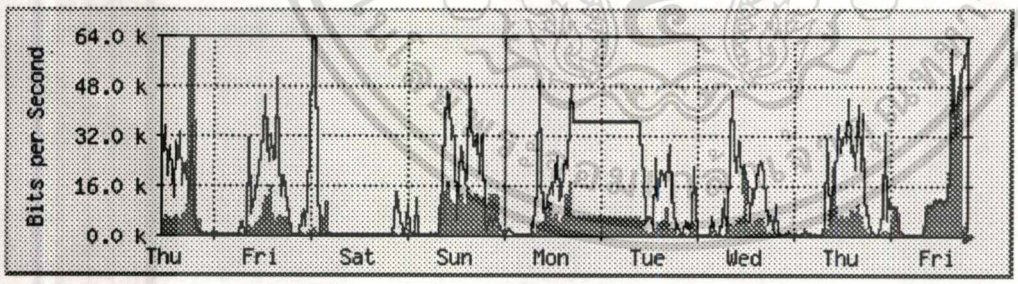
`Daily' Graph (5 Minute Average)



Max In: 60.5 kb/s (94.5%) Average In: 8872.0 b/s (13.9%) Current In: 10.3 kb/s (16.1%)

Max Out: 63.8 kb/s (99.8%) Average Out: 18.8 kb/s (29.4%) Current Out: 63.6 kb/s (99.3%)

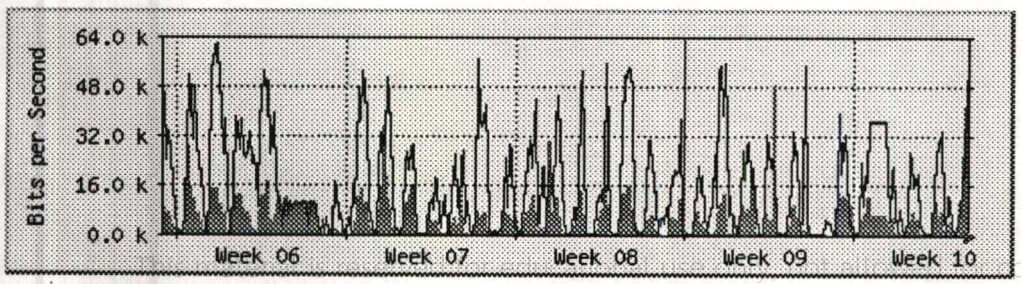
`Weekly' Graph (30 Minute Average)



Max In: 63.6 kb/s (99.4%) Average In: 5224.0 b/s (8.2%) Current In: 4648.0 b/s (7.3%)

Max Out: 63.7 kb/s (99.6%) Average Out: 14.0 kb/s (21.9%) Current Out: 61.6 kb/s (96.3%)

`Monthly' Graph (2 Hour Average)

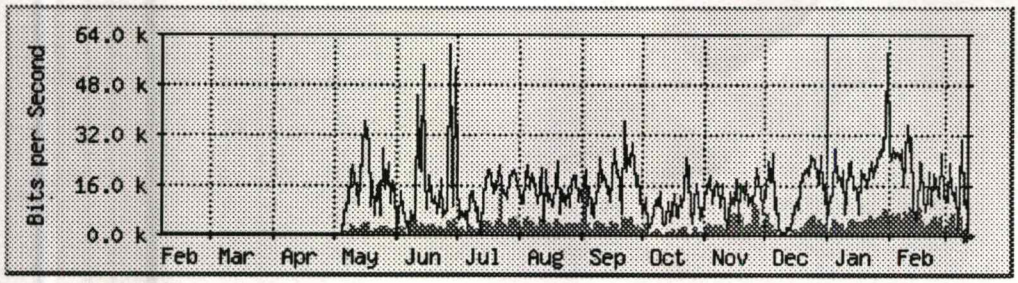


ommercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

Max In: 49.2 kb/s (77.0%) Average In: 5272.0 b/s (8.2%) Current In: 16.2 kb/s (25.3%)

Max Out: 61.7 kb/s (96.3%) Average Out: 16.2 kb/s (25.3%) Current Out: 57.9 kb/s (90.5%)

'Yearly' Graph (1 Day Average)



Max In: 19.2 kb/s (29.9%) Average In: 3584.0 b/s (5.6%) Current In: 4128.0 b/s (6.5%)

Max Out: 60.8 kb/s (95.0%) Average Out: 15.2 kb/s (23.7%) Current Out: 14.0 kb/s (21.8%)

GREEN ### Incoming Traffic in Bits per Second

BLUE ### Outgoing Traffic in Bits per Second

MRTG MULTI ROUTER TRAFFIC GRAPHER

2.5.2-1998/02/20

Tobias Oetiker <oetiker@ee.ethz.ch>
and Dave Rand <dlr@bungi.com>

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

Traffic Analysis for Serial4

System: taurus.psu.ac.th in

Maintainer: Computer Center, PSU, THAILAND

Interface: Serial4 (7)

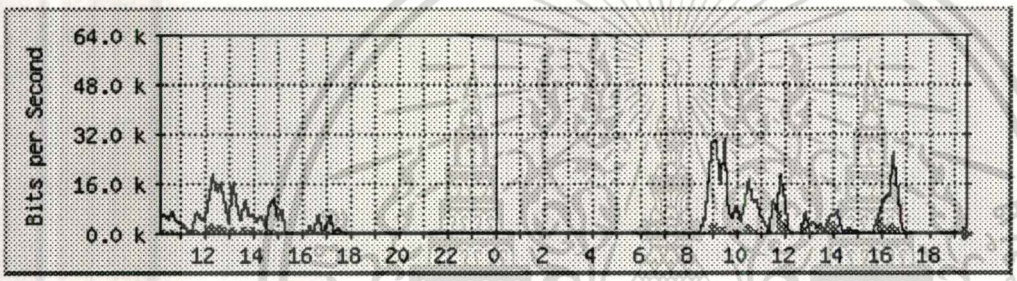
IP: psu-navamin.psu.ac.th (203.150.168.233)

Max Speed: 64 Kbps (PointToPoint)

The statistics were last updated **Friday, 12 March 1999 at 19:30 ,**

at which time **'taurus.psu.ac.th'** had been up for **0 days, 10:22:45.**

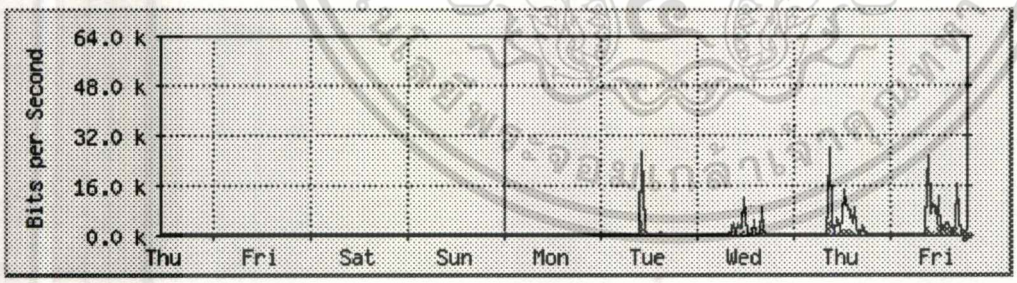
`Daily' Graph (5 Minute Average)



Max In: 7456.0 b/s (11.7%) Average In: 656.0 b/s (1.0%) Current In: 72.0 b/s (0.1%)

Max Out: 30.3 kb/s (47.4%) Average Out: 3120.0 b/s (4.9%) Current Out: 80.0 b/s (0.1%)

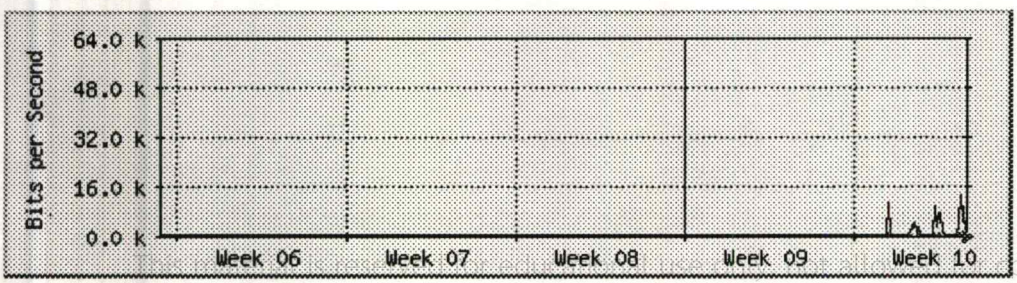
`Weekly' Graph (30 Minute Average)



Max In: 4584.0 b/s (7.2%) Average In: 464.0 b/s (0.7%) Current In: 80.0 b/s (0.1%)

Max Out: 27.6 kb/s (43.1%) Average Out: 2144.0 b/s (3.4%) Current Out: 88.0 b/s (0.1%)

`Monthly' Graph (2 Hour Average)

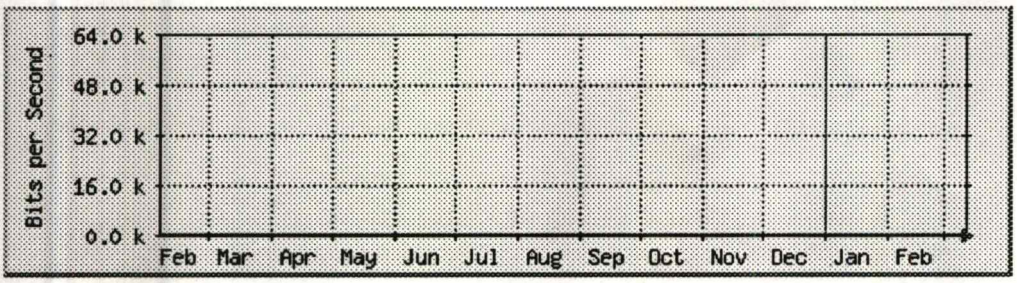


ommercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

Max In: 1896.0 b/s (3.0%) Average In: 472.0 b/s (0.7%) Current In: 1400.0 b/s (2.2%)

Max Out: 13.0 kb/s (20.3%) Average Out: 2200.0 b/s (3.4%) Current Out: 6760.0 b/s (10.6%)

'Yearly' Graph (1 Day Average)



Max In: 528.0 b/s (0.8%) Average In: 344.0 b/s (0.5%) Current In: 528.0 b/s (0.8%)

Max Out: 2584.0 b/s (4.0%) Average Out: 1552.0 b/s (2.4%) Current Out: 2584.0 b/s (4.0%)

GREEN ### Incoming Traffic in Bits per Second

BLUE ### Outgoing Traffic in Bits per Second

MRTG MULTI ROUTER TRAFFIC GRAPHER

2.5.2-1998/02/20

Tobias Oetiker <oetiker@ee.ethz.ch>
and Dave Rand <dlr@bungi.com>

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ภาคผนวก 6 รายละเอียดการใช้โทรศัพท์ของทบวงมหาวิทยาลัย

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

สงขลา		เชียงใหม่		นครราชสีมา		ขอนแก่น		ชลบุรี		มหาสารคาม		พิษณุโลก		อุบลราชธานี		นครปฐม		ลำปาง		นครศรีธรรมราช		สุราษฎร์		ยะลา		กำแพงเพชร		ตรัง		ปัตตานี		จันทบุรี		แพร่		พะเยาว์	
18	1	18	1	12	1	15	1	6	1	15	1	12	1	15	1	3	1	18	1	18	1	18	1	18	1	12	1	18	1	18	1	12	1	30	2	36	2
18	1	18	1	12	1	15	1	6	1	15	1	12	1	15	1	3	1	18	1	18	1	18	1	18	1	12	1	18	1	36	2	12	1	30	2	54	3
18	1	18	1	12	1	15	1	6	1	15	1	12	1	15	1	3	1	18	1	18	1	18	1	18	1	12	1	18	1	36	2	24	2				
18	1	18	1	12	1	15	1	6	1	15	1	12	1	15	1	3	1	18	1	18	1	18	1	18	1	24	2	54	3								
18	1	18	1	12	1	15	1	6	1	15	1	12	1	15	1	3	1	18	1	18	1	36	2	36	2	36	3	54	3								
18	1	18	1	12	1	15	1	6	1	15	1	12	1	15	1	6	2	18	1	18	1	36	2	36	2												
36	2	18	1	12	1	15	1	6	1	15	1	12	1	15	1	6	2	18	1	18	1	36	2	36	2												
36	2	18	1	12	1	15	1	6	1	15	1	12	1	15	1	6	2	18	1	18	1	36	2	54	3												
36	2	18	1	12	1	15	1	6	1	15	1	12	1	15	1	6	2	18	1	18	1	36	2	54	3												
36	2	18	1	12	1	15	1	6	1	15	1	12	1	15	1	6	2	36	2	18	1	36	2														
36	2	18	1	12	1	15	1	6	1	15	1	12	1	15	1	6	2	36	2	18	1	36	2														
36	2	18	1	12	1	15	1	6	1	15	1	12	1	30	2	6	2	36	2	18	1																
36	2	18	1	12	1	15	1	6	1	15	1	24	2	30	2	6	2	36	2	18	1																
36	2	18	1	12	1	15	1	6	1	30	2	24	2	30	2	6	2	36	2	18	1																
36	2	18	1	12	1	15	1	6	1	30	2	24	2	30	2	6	2	36	2	18	1																
36	2	18	1	12	1	15	1	6	1	30	2	24	2	30	2	9	3	36	2	36	2																
36	2	18	1	12	1	15	1	6	1	30	2	24	2	30	2	9	3	36	2	36	2																
36	2	18	1	12	1	15	1	6	1	30	2	24	2	30	2	9	3	36	2	36	2																
36	2	18	1	24	2	15	1	6	1	30	2	24	2	30	2	9	3	36	2	36	2																
36	2	18	1	24	2	15	1	12	2	30	2	24	2	30	2	12	4	36	2	36	2																
36	2	18	1	24	2	15	1	12	2	30	2	24	2	30	2	12	4	54	3	54	3																
36	2	18	1	24	2	30	2	12	2	30	2	24	2	30	2	12	4	54	3	54	3																
54	3	18	1	24	2	30	2	12	2	30	2	24	2	30	2	15	5	54	3	90	5																
54	3	18	1	24	2	30	2	12	2	30	2	24	2	45	3	15	5	54	3	108	6																
54	3	18	1	24	2	30	2	12	2	30	2	24	2	45	3	15	5	72	4	198	11																
54	3	18	1	24	2	30	2	12	2	30	2	24	2	45	3	18	6	72	4	216	12																
54	3	18	1	24	2	30	2	12	2	30	2	24	2	45	3	21	7	90	5	216	12																
54	3	18	1	24	2	30	2	12	2	30	2	24	2	45	3	24	8	108	6																		
54	3	36	2	24	2	30	2	12	2	30	2	24	2	45	3	24	8	216	12																		
72	4	36	2	24	2	30	2	12	2	45	3	24	2	45	3	39	13																				
72	4	36	2	24	2	30	2	12	2	45	3	24	2	60	4																						
72	4	36	2	24	2	30	2	12	2	45	3	24	2	60	4																						
72	4	36	2	24	2	30	2	12	2	45	3	24	2	60	4																						
108	6	36	2	24	2	30	2	18	3	45	3	24	2	60	4																						
108	6	36	2	24	2	30	2	18	3	45	3	24	2	60	4																						
126	7	36	2	24	2	30	2	18	3	45	3	24	2	60	4																						
126	7	36	2	24	2	30	2	18	3	45	3	36	3	60	4																						
144	8	36	2	24	2	30	2	18	3	45	3	36	3	60	4																						

ค่าโทรศัพท์ประจำเดือน สิงหาคม 2541

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

สงขลา		เชียงใหม่		นครราชสีมา		ขอนแก่น		ชลบุรี		มหาสารคาม		พิษณุโลก		อุบลราชธานี		นครปฐม		ตำปาง		นครศรีธรรมราช		สุราษฎร์		ยะลา		กำแพงเพชร		ตรัง		ปัตตานี		จันทบุรี		แพร่		พะเยาว์	
144	8	36	2	24	2	45	3	18	3	60	4	36	3	60	4																				
180	10	36	2	24	2	45	3	24	4	60	4	36	3	75	5																				
216	12	36	2	24	2	45	3	24	4	60	4	48	4	75	5																				
216	12	36	2	36	3	45	3	24	4	60	4	48	4	75	5																				
306	17	36	2	36	3	45	3	24	4	60	4	48	4	75	5																				
36	2	36	2	36	3	45	3	30	5	60	4	48	4	150	10																				
36	2	36	2	36	3	45	3	30	5	60	4	48	4																						
90	5	36	2	36	3	45	3	30	5	60	4	60	5																						
144	8	36	2	36	3	60	4	30	5	75	5	60	5																						
72	4	36	2	36	3	60	4	30	5	75	5	60	5																						
54	3	36	2	36	3	60	4	30	5	90	6	60	5																						
108	6	36	2	36	3	60	4	42	7	105	7	60	5																						
54	3	36	2	36	3	60	4	48	8	135	9	108	9																						
36	2	36	2	36	3	60	4	72	12	150	10	108	9																						
18	1	36	2	36	3	75	5																												
36	2	36	2	36	3	75	5																												
72	4	36	2	36	3	75	5																												
108	6	36	2	36	3	75	5																												
36	2	36	2	36	3	75	5																												
54	3	36	2	36	3	90	6																												
144	8	36	2	36	3	90	6																												
72	4	36	2	48	4	90	6																												
36	2	36	2	48	4	90	6																												
18	1	36	2	48	4	90	6																												
54	3	36	2	48	4	90	6																												
72	4	36	2	48	4	90	6																												
90	5	36	2	48	4	90	6																												
162	9	36	2	48	4	105	7																												
54	3	36	2	60	5	120	8																												
216	12	36	2	60	5	120	8																												
90	5	36	2	60	5	120	8																												
72	4	36	2	60	5	135	9																												
216	12	36	2	60	5																														
54	3	36	2	60	5																														
18	1	36	2	60	5																														
18	1	36	2	60	5																														
18	1	36	2	72	6																														
18	1	54	3	72	6																														

ค่าโทรศัพท์ประจำเดือน สิงหาคม 2541

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

สงขลา		เชียงใหม่		นครราชสีมา		ขอนแก่น		ชลบุรี		มหาสารคาม		พิษณุโลก		อุบลราชธานี		นครปฐม		ลำปาง		นครศรีธรรมราช		สุราษฎร์		ยะลา		กำแพงเพชร		ตรัง		ปัตตานี		จันทบุรี		แพร่		พะเยาว์	
18	1	54	3	72	6																														
18	1	54	3	72	6																														
36	2	54	3	72	6																														
36	2	54	3	84	7																														
54	3	54	3	84	7																														
108	6	54	3	84	7																														
18	1	54	3	84	7																														
36	2	54	3	84	7																														
36	2	54	3	84	7																														
36	2	54	3	96	8																														
54	3	54	3	108	9																														
54	3	54	3	168	14																														
54	3	54	3																																
144	8	54	3																																
126	7	54	3																																
72	4	54	3																																
90	5	54	3																																
144	8	54	3																																
54	3	54	3																																
36	2	54	3																																
36	2	54	3																																
18	1	54	3																																
36	2	72	4																																
216	12	72	4																																
18	1	72	4																																
54	3	72	4																																
54	3	72	4																																
108	6	72	4																																
90	5	72	4																																
72	4	72	4																																
54	3	72	4																																
18	1	90	5																																
18	1	90	5																																
18	1	90	5																																
18	1	90	5																																
18	1	90	5																																
18	1	90	5																																
36	2	90	5																																

ค่าโทรศัพท์ประจำเดือน สิงหาคม 2541

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

สงขลา		เชียงใหม่		นครราชสีมา		ขอนแก่น		ชลบุรี		มหาสารคาม		พิษณุโลก		อุบลราชธานี		นครปฐม		ลำปาง		นครศรีธรรมราช		สุราษฎร์		ยะลา		กำแพงเพชร		ตรัง		ปัตตานี		จันทบุรี		แพร่		พะเยาว์	
54	3	90	5																																
162	9	90	5																																
72	4	90	5																																
126	7	90	5																																
18	1	90	5																																
36	2	108	6																																
18	1	108	6																																
72	4	108	6																																
198	11	108	6																																
90	5	108	6																																
72	4	108	6																																
108	6	126	7																																
36	2	126	7																																
18	1	144	8																																
144	8	144	8																																
72	4	144	8																																
18	1	144	8																																
18	1	162	9																																
18	1	162	9																																
18	1	162	9																																
36	2	162	9																																
36	2	162	9																																
36	2	162	9																																
36	2	162	9																																
36	2	198	11																																
54	3	216	12																																
54	3	252	14																																
36	2																																		
36	2																																		
36	2																																		
36	2																																		
72	4																																		
72	4																																		
108	6																																		
36	2																																		
54	3																																		
90	5																																		
18	1																																		

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ค่าโทรศัพท์ประจำเดือน สิงหาคม 2541

สงขลา		เชียงใหม่		นครราชสีมา		ขอนแก่น		ชลบุรี		มหาสารคาม		พิษณุโลก		อุบลราชธานี		นครปฐม		ลำปาง		นครศรีธรรมราช		สุราษฎร์		ยะลา		กำแพงเพชร		ตรัง		ปัตตานี		จันทบุรี		แพร่		พะเยาว์	
9774	543	8442	469	3468	289	3240	216	828	138	2190	146	1620	135	1830	122	318	106	1332	74	1386	77	324	18	288	16	96	8	162	9	90	5	48	4	60	4	90	5

หมายเหตุ : ค่าโทรศัพท์มือถือจำนวน 443 ครั้ง รวมเป็นเงิน 4,096.00 บาท เฉลี่ยใช้นานครั้งละ 3.75 นาที

รวมค่าโทรศัพท์ประจำเดือนคิดเป็นเงิน 34,190.00 บาท

รวมจำนวนเวลาในการใช้โทรศัพท์ 2,384 นาที

รวมจำนวนครั้งในการใช้โทรศัพท์ 777 ครั้ง

ตัวเลขเฉลี่ยในการใช้โทรศัพท์ 38.85 ครั้งต่อวัน ครั้งละ 3.06 นาที

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

สงขลา		ขอนแก่น		เชียงใหม่		ชลบุรี		ตำปาง		นครราชสีมา		นครศรีธรรมราช		อุบลราชธานี		มหาสารคาม		พิษณุโลก		นครปฐม		ยะลา		ราชบุรี		กำแพงแสน		จันทบุรี		แพร่		ปัตตานี	
18	1	15	1	18	1	6	1	3	1	12	1	18	1	15	1	15	1	12	1	6	2	36	2	9	1	6	1	12	1	6	1	54	3
18	1	15	1	18	1	6	1	3	1	12	1	18	1	15	1	15	1	24	2	9	3	54	3	9	1	6	1						
18	1	15	1	18	1	6	1	6	2	12	1	36	2	15	1	15	1	24	2	24	8	54	3										
18	1	15	1	18	1	6	1	3	1	12	1	36	2	15	1	30	2	24	2														
18	1	15	1	18	1	6	1	3	1	12	1	36	2	30	2	45	3	24	2														
18	1	15	1	18	1	6	1	3	1	12	1	54	3	30	2	45	3	36	3														
18	1	15	1	18	1	6	1	3	1	24	2	54	3	30	2	45	3	36	3														
18	1	15	1	36	2	6	1	3	1	24	2	72	4	45	3	45	3	36	3														
18	1	15	1	36	2	6	1	3	1	24	2	72	4	60	4																		
18	1	15	1	36	2	6	1	3	1	24	2	90	5	60	4																		
18	1	30	2	36	2	6	1	3	1	24	2	90	5	75	5																		
18	1	30	2	36	2	6	1	3	1	24	2	90	5	75	5																		
18	1	30	2	36	2	12	2	3	1	24	2	90	5	90	6																		
18	1	30	2	36	2	12	2	3	1	24	2	108	6																				
36	2	30	2	36	2	12	2	3	1	36	3																						
36	2	30	2	36	2	12	2	3	1	36	3																						
36	2	30	2	54	3	18	3	3	1	36	3																						
36	2	30	2	54	3	18	3	3	1	48	4																						
36	2	30	2	54	3	18	3	3	1	60	5																						
36	2	30	2	54	3	18	3	3	1	60	5																						
36	2	45	3	54	3	24	4	3	1	72	6																						
36	2	45	3	90	5	24	4																										
36	2	45	3	108	6	24	4																										
36	2	45	3	108	6	30	5																										
36	2	45	3	108	6	30	5																										
36	2	45	3	126	7	48	8																										
36	2	60	4	252	14																												
54	3	60	4																														
54	3	60	4																														
54	3	60	4																														
54	3	60	4																														
54	3	60	4																														
54	3	75	5																														
54	3	90	6																														
72	4																																
72	4																																
72	4																																
72	4																																
72	4																																
72	4																																
72	4																																

ค่าโทรศัพท์ประจำเดือน กรกฎาคม 2541

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

สงขลา		ขอนแก่น		เชียงใหม่		ชลบุรี		ลำปาง		นครราชสีมา		นครศรีธรรมราช		อุบลราชธานี		มหาสารคาม		พิษณุโลก		นครปฐม		ยะลา		ราชบุรี		กำแพงเพชร		จันทบุรี		แพร่		ปัตตานี	
90	5																																
90	5																																
90	5																																
126	7																																
180	10																																
306	17																																
2484	138	1245	83	1512	84	372	62	66	22	612	51	864	48	555	37	255	17	216	18	39	13	144	8	18	2	12	2	12	1	6	1	54	3

หมายเหตุ : ค่าโทรศัพท์มือถือจำนวน 301 ครั้ง รวมเป็นเงิน 2,83.00 บาท เฉลี่ยใช้นานครั้งละ 3.01 นาที

รวมค่าโทรศัพท์ประจำเดือนคิดเป็นเงิน 8,466.00 บาท

รวมจำนวนเวลาในการโทรศัพท์นาน 590 นาที

รวมจำนวนครั้งในการใช้โทรศัพท์ 232 ครั้ง

ตัวเลขเฉลี่ยในการใช้โทรศัพท์ 11.6 ครั้งต่อวัน ครั้งละ 2.5 นาที

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.
Reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

สงขลา		เชียงใหม่		ชลบุรี		ขอนแก่น		นครราชสีมา		พิษณุโลก		อุบลราชธานี		มหาสารคาม		ราชบุรี		สุราษฎร์ธานี		นครปฐม		จันทบุรี		ปัตตานี		ปราจีนบุรี		จันทบุรี		กำแพงเพชร	
18	1	18	1	6	1	75	5	12	1	12	1	15	1	15	1	6	1	18	1	24	8	9	1	18	1	36	6	12	2	12	1
18	1	18	1	6	1	75	5	12	1	24	2	15	1	15	1	12	2	36	2	6	2	36	4	36	2						
18	1	18	1	6	1	60	4	12	1	24	2	15	1	15	1	12	2	72	4	6	2	12	2								
18	1	18	1	6	1	15	1	12	1	36	3	15	1	15	1	24	4														
18	1	18	1	6	1	75	5	12	1	48	4	15	1	15	1																
18	1	18	1	12	2	15	1	24	2	60	5	30	2	30	2																
18	1	18	1	12	2	30	2	24	2	12	1	30	2	60	4																
18	1	18	1	12	2	15	1	24	2	12	1	30	2																		
18	1	18	1	12	2	30	2	36	3	48	4	30	2																		
18	1	18	1	12	2	45	3	36	3	60	5	30	2																		
18	1	18	1	18	3	30	2	48	4	24	2	30	2																		
18	1	18	1	18	3	30	2	48	4	36	3	30	2																		
18	1	18	1	18	3	15	1	48	4	24	2	45	3																		
18	1	18	1	18	3	30	2	48	4	12	1	45	3																		
18	1	18	1	24	4	30	2	60	5	12	1	60	4																		
18	1	18	1	24	4	60	4	60	5	48	4	60	4																		
18	1	18	1	24	4	60	4	60	5	24	2																				
36	2	18	1	30	5	75	5	84	7	48	4																				
36	2	18	1	30	5	15	1																								
36	2	36	2	30	5	30	2																								
36	2	36	2	30	5	15	1																								
36	2	36	2	36	6	15	1																								
36	2	36	2	48	8	15	1																								
36	2	36	2																												
36	2	36	2																												
36	2	36	2																												
36	2	54	3																												
36	2	54	3																												
36	2	54	3																												
54	3	54	3																												
54	3	72	4																												
54	3	72	4																												
54	3	72	4																												
54	3	72	4																												
54	3	72	4																												
54	3	108	6																												
72	4	126	7																												
72	4	162	9																												
72	4	396	22																												
72	4																														
72	4																														

ค่าโทรศัพท์เดือน มิถุนายน 2541

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

สงขลา		เชียงใหม่		ชลบุรี		ขอนแก่น		นครราชสีมา		พิษณุโลก		อุบลราชธานี		มหาสารคาม		ราชบุรี		สุราษฎร์ธานี		นครปฐม		จันทบุรี		ปัตตานี		ปราจีนบุรี		จันทบุรี		กำแพงเพชร	
72	4																														
90	5																														
90	5																														
108	6																														
144	8																														
198	11																														
2178	121	1962	109	438	73	855	57	660	55	564	47	495	33	165	11	54	9	126	7	36	12	57	5	54	3	36	6	12	2	12	1

รวม 7566

หมายเหตุ : ค่าโทรศัพท์มือถือจำนวน 288 ครั้ง รวมเป็นเงิน 2,697.00 บาท เฉลี่ยใช้นานครั้งละ 2.89 นาที

รวมค่าโทรศัพท์ประจำเดือนคิดเป็นเงิน 7,566.00บาท

รวมจำนวนเวลาในการใช้โทรศัพท์ 553 นาที

รวมจำนวนครั้งในการใช้โทรศัพท์ 208 ครั้ง

ตัวเลขเฉลี่ยในการใช้โทรศัพท์ 25.14 ครั้งต่อวัน ครั้งละ 2.66 นาที

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.
Reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ	นาง สุวรรณี ละออปักษิณ
สถานที่เกิด	กรุงเทพมหานคร
การศึกษา	ปริญญาตรี วิทยาศาสตรบัณฑิต ม.มหิดล
	ปริญญาโท วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (สาธารณสุขศาสตร์) ม.มหิดล
การทำงาน	พยาบาลประจำการ :โรงพยาบาลสงขลานครินทร์
	Program Assistant : AIDSCAP / Family Health International / USAID
	อาจารย์ : วิทยาลัยพยาบาลเซนต์หลุยส์

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.